



HAL
open science

Le critère de démarcation de Karl R. Popper et son applicabilité

Jacques Michel-Bechet

► **To cite this version:**

Jacques Michel-Bechet. Le critère de démarcation de Karl R. Popper et son applicabilité. Philosophie. Université Paul Valéry - Montpellier III, 2013. Français. NNT : 2013MON30005 . tel-00835315

HAL Id: tel-00835315

<https://theses.hal.science/tel-00835315>

Submitted on 18 Jun 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ÉCOLE DOCTORALE

Langues, littératures, cultures, civilisations – ED 58

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ PAUL VALÉRY - MONTPELLIER III -

PHILOSOPHIE

MICHEL-BECHET Jacques

***LE CRITÈRE DE DÉMARCATIION DE KARL R.POPPER ET SON
APPLICABILITÉ***

Thèse dirigée par MM. les Professeurs Pascal NOUVEL et Anastasios BRENNER

Soutenue le 13/05/2013

Jury :

M. le Professeur Jean GAYON (Université Paris I –Panthéon-Sorbonne)	Président et rapporteur
M. le Professeur Anastasios BRENNER (Université Montpellier III)	Codirecteur de thèse
M. le Professeur François HENN (Université Montpellier II)	Examinateur
M. le Professeur Pascal NOUVEL (Université Montpellier III)	Directeur de thèse
M. le Professeur Olivier PERRU (Université Claude Bernard -Lyon I)	Rapporteur

Remerciements :

Je remercie MM. Pascal Nouvel et Anastasios Brenner d'avoir accepté de diriger cette thèse, ils ont été, pendant ces années, des interlocuteurs précieux.

Merci à tous les membres du jury qui me font l'honneur de leur présence et de leur critique.

Merci enfin à tous ceux qui se sont intéressés, de près ou de loin, à ce travail ; ils se reconnaîtront.

RÉSUMÉ :

LE CRITÈRE DE DÉMARCATIION DE KARL R.POPPER ET SON APPLICABILITÉ

La réfutabilité de Karl Popper (1902-1994) définit à la fois la norme de la connaissance scientifique et se présente comme le critère du caractère empirique de toute théorie scientifique. La thèse rend compte de l'ambiguïté d'une épistémologie qui s'ancre dans la logique potentielle tout en prétendant à l'effectivité pratique. Il est impossible avec un tel critère de statuer sur la scientificité de disciplines aussi diverses que le marxisme, la psychanalyse, la théorie de l'évolution, l'astrologie, étudiées par Popper et exclues du domaine des sciences pour absence de prédictibilité. La thèse met aussi en évidence que, bien que très influente en biologie, l'épistémologie normative de Popper n'a jamais été vraiment appliquée, même par ses épigones tel Jacques Monod, et n'est pas applicable. Les raisons de ces échecs doivent être recherchées non seulement dans la logique potentielle, mais aussi dans le modèle déductif-nomologique, au fondement du critère et qui deviendra la norme de toute science empirique. Si le modèle D-N d'explication, formalisé plus tard par Carl Hempel, peut servir à la construction du *modus operandi* de la réfutation en physique, il ne peut prétendre à l'opérabilité dans les disciplines où l'existence de lois demeure problématique et la notion de prédiction plurielle comme en biologie. Enfin la thèse, s'appuyant sur l'analyse critique de l'épistémologie poppérienne, propose une typologie des prédictions, précise la spécificité des énoncés biologiques et envisage un autre critère de scientificité qui prenne davantage en compte la science en action.

MOTS CLÉS :

1 - POPPER

5 - PRÉDICTIONS

2 - DÉMARCATIION

6 - SCIENTIFICITÉ

3 - RÉFUTABILITÉ

7 - BIOLOGIE

4 - RÉFUTATION

8 - EVOLUTION

SUMMARY:

THE KARL R. POPPER'S CRITERION OF DEMARCATION AND ITS APPLICABILITY

Karl Popper's falsifiability (1902-1994) defines at the same time the standard of scientific knowledge, and is presented in the form of a criterion of the empirical character of any scientific theory. The thesis reflects the ambiguity of an epistemology that is grounded in potential logic while aiming practical effectivity. It is impossible with such a criterion to rule on the scientificity of disciplines as diverse as Marxism, psychoanalysis, the theory of the evolution, astrology, studied by Popper and excluded from the field of sciences for lack of predictability. The thesis also highlights that, although very influential in biology, Popper's normative epistemology has never really been applied, even by his followers like Jacques Monod, and is not applicable. The reasons for these failures must be investigated not only in potential logic, but also in the deductive-nomological model, the basis of the criterion, and which will become the norm in empirical science. If D-N model of explanation, formalized later by Carl Hempel, can be used for the construction of the *modus operandi* of the falsification in physics, it cannot be applied in the disciplines where the existence of laws remains problematic and where the concept of prediction is plural, live in biology. Finally the thesis, based on a critical analysis of Popper's epistemology, proposes a typology of predictions, specifies biological statements and tries to look at another criterion of scientificity that takes greater account of science in action.

KEYWORDS:

1 - POPPER

5 - PREDICTIONS

2 - DEMARCATION

6 - SCIENTIFICITY

3 - FALSIFIABILITY

7 - BIOLOGY

4 - FALSIFICATION

8 - EVOLUTION

Table des matières

Introduction	7
I. La démarcation entre science et non science	24
A. Le critère de démarcation de Popper	25
1. Le marxisme et la psychanalyse se déclarent scientifiques	25
2. Réfutabilité versus réfutation	30
3. Le critère de démarcation poppérien : contexte d'intention et contexte historique.....	41
B. Evolution du critère de démarcation dans l'œuvre de Popper	53
1. Un critère de démarcation logico-méthodologique	53
2. Un critère de démarcation plus méthodologico-empirique	61
3. Place du critère dans une épistémologie évolutionniste	69
4. Un critère logico-technique	76
C. Un critère de démarcation entre potentia et agere	87
1. Réfutabilité et réfutation : approches synthétiques.....	87
2. Les difficultés de la démarcation poppérienne	98
3. Du falsificationnisme dogmatique au falsificationnisme sophistiqué : le point de vue d'Imre Lakatos	106
4. La réfutabilité définitive ou falsifiabilité ₁ comme critère de démarcation	113
5. L'expérience potentielle de la réfutabilité.....	119
6. La réfutation au chevet de la réfutabilité.....	126
II. Prédications, sciences et pseudosciences	131
A. Les capacités prédictives du marxisme et de la psychanalyse.....	131
1. Prédications, prévisions et prophéties	131
2. Marxisme, prédiction et science	138
3. Psychanalyse, prédiction et science.....	144
4. Réfutabilité et réfutation du marxisme et de la psychanalyse	156
B. Prédicibilité et scientificité de la théorie de l'évolution.....	167
1. « L'hypothèse évolutionniste, un énoncé historique singulier »	171
2. « Un truisme tautologique ou quasi-tautologique du ressort de la logique situationnelle »	179
3. La prédictibilité de la théorie darwinienne.....	191
C. Les prédictions pseudoscientifiques et scientifiques	205

1. Prédications des astrologues et des oracles	205
2. Prédications et énoncés singuliers.....	210
3. Diversité des prédictions	219
4. Typologie des prédictions	230
5. Scientificité des prédictions.....	253
III. L'applicabilité du critère de démarcation.....	256
A. Le critère de démarcation dans la pratique scientifique	257
1. « Un principe essentiel, sur quoi s'est édifié réellement et repose tout l'édifice, de la connaissance scientifique... »	258
2. « Un instrument critique utilisable <i>a posteriori</i> pour l'évaluation d'une théorie... ».....	275
3. Le critère de démarcation dans l'histoire des sciences.....	284
B. Le critère de démarcation à l'épreuve de la logique.....	289
1. Le contenu empirique d'une théorie : de <i>potentia</i> à <i>agere</i>	289
2. La logique de la réfutabilité.....	307
C. Le critère de démarcation appliqué aux sciences de la vie.....	318
1. Les leçons de la cladistique	320
2. L'adéquation du critère poppérien aux sciences de la vie	327
3. La réfutation des énoncés biologiques entre loi et histoire	336
D. A la recherche d'un critère de scientificité.....	352
1. Bilan de l'étude	352
2. Critère de démarcation : controverses et perspectives.....	353
3. Un critère de scientificité	361
Conclusion.....	381

Introduction

Décembre 1981, Little Rock (Arkansas), Cour suprême des Etats-Unis d'Amérique.

Le « procès de l'Arkansas » oppose les défenseurs de l'enseignement de la « science de la création » et les plaignants qui avaient introduit un recours en justice contre l'« Act 590 ». Ce dernier stipulait qu'« à l'intérieur de l'Etat [d'Arkansas], les écoles publiques devront dispenser un enseignement équivalent de la science de la création et la science de l'évolution¹ » (article 1). La loi 590 avait été approuvée par le Sénat et la Chambre des représentants de l'Etat d'Arkansas et signée le 1^{er} mars 1981 par le gouverneur Franck White. L'article 2 précisait que cet enseignement devrait « se limiter aux preuves scientifiques fournies par chacun des deux modèles et aux conséquences qu'on peut tirer de ces preuves² ».

Au cours du procès, le juge William Overton s'appuie sur un certain nombre d'arguments pour montrer que la science de la création n'est pas de la science mais de la religion, ce qui viole le premier amendement de la Constitution des Etats-Unis d'Amérique, l'« *Establishment clause* », interdisant au gouvernement fédéral ou à un Etat d'officialiser une religion³. A cela, les défenseurs, par la voix de Paul Ellwanger, auteur de la loi 590, et de Duane T. Gish, directeur adjoint de l'*Institute for Creation Research*, qui ne sont pas à une contradiction près, rétorquent

¹ («*Public schools within this State shall give balanced treatment to creation-science and to evolution-science*»- je traduis-), Act 590 of 1981, State of Arkansas, 73rd General Assembly, Regular Session, Section 1. http://www.antievolution.org/projects/mclean/new_site/legal/act_590.htm

² («*Treatment of either evolution-science or creation-science shall be limited to scientific evidences for each model and inferences from those scientific evidences*»- je traduis-), Act 590 of 1981, Section 2, *op.cit.*

³ Le jugement donnera raison aux plaignants (un professeur de biologie d'une *high school* de l'Etat, des parents d'élèves, l'« Association nationale des professeurs de biologie », la « Coalition nationale pour l'éducation publique et la liberté religieuse », diverses Eglises, le « Congrès juif américain »...) contre les défenseurs, au motif que la loi 590 constituait « purement et simplement une tentative pour introduire la version biblique de la création dans les programmes scolaires de l'enseignement public », cité par LECOURT Dominique, *L'Amérique entre la Bible et Darwin* (1992), Paris, PUF édition « Quadrige », 2007, p. 12.

que ni l'évolutionnisme, ni le créationnisme ne sont des théories scientifiques⁴. Duane Gish, reconnu par la Cour comme faisant autorité sur la question⁵, appuie sa démonstration sur les travaux de Karl Popper (1902-1994) :

« L'éminent philosophe des sciences Karl Popper, bien qu'étant lui-même évolutionniste, a montré avec force que l'évolution, pas moins que la création, n'est testable ni donc prouvable⁶. »

Le critère de démarcation entre science et non-science établi par Popper, ou « *critère de scientificité d'une théorie* » qui, dans une première approche, « *réside dans la possibilité de l'invalider, de la réfuter ou encore de la tester*⁷ » est, ce jour-là, au centre de toutes les discussions et polémiques. Si selon Popper⁸, la théorie de l'évolution n'a pas la possibilité d'être réfutée par des données empiriques, c'est-à-dire mise en échec par l'expérience, elle ne peut s'arroger le droit de se présenter comme une science. De sorte que son statut, selon Ellwanger et Gish, se trouve être une croyance au même titre que la création biblique.

La référence à un concept philosophique relativement technique sur la place publique, comme la réfutabilité, est un fait assez rare pour être signalé. Il met en évidence que l'établissement d'un critère permettant de distinguer une théorie ou une activité scientifiques de ce qui n'en est pas, ne relève pas du seul registre philosophique, au fondement même de l'interrogation épistémologique, mais correspond aussi à une nécessité sociale.

⁴ La décision de la Cour indique que Duane Gish, dans une lettre au directeur de publication de *Discover*, a écrit que : « Stephen Jay Gould déclare que les créationnistes s'emploient à ce que le créationnisme soit reconnu comme science. C'est faux. Les créationnistes ne cessent de répéter que ni le créationnisme, ni l'évolutionnisme ne sont des théories scientifiques (et ils sont tous deux aussi religieux) » (“*Stephen Jay Gould states that creationists claim creation is a scientific theory. This is a false accusation. Creationists have repeatedly stated that neither creation nor evolution is a scientific theory (and each is equally religious)*” - je traduis -), GISH Duane T., lettre au directeur de publication de *Discover*, July, 1981, App. 30 to Plaintiffs' Pretrial Brief, citée par la décision de la Cour, McLean v. Arkansas Board of Education, Decision by U.S. District Court Judge William R. Overton. <http://bertie.ccsu.edu/naturesci/Evolution/Unit16CreationSci/Overton.html#Heading10>

⁵ Indiqué par la décision de la Cour, II: [Religious Fundamentalism] *op.cit.*

⁶ GISH Duane T., *Science Digest*, octobre 1981, cité par LECOURT Dominique, *L'Amérique entre la Bible et Darwin* (1992), Paris, PUF édition « Quadrige », 2007, p. 112.

⁷ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique* (1963), trad. de Michelle-Irène et Marc B. de Launay, Paris, Payot, 2006, p. 65.

⁸ Popper avait cependant changé d'avis, trois ans avant le procès, sur la testabilité de la théorie de la sélection naturelle. En 1978, il revint sur ses positions dans un article paru dans *Dialectica* (voir Partie II.B.).

Nous vivons dans une société paradoxale. D'un côté la science et ses prolongements techniques prennent une place prépondérante et modifient profondément le mode de vie de la majeure partie de l'humanité depuis plusieurs siècles. A un autre niveau plus fondamental, notre mode de pensée se trouve être, lui aussi, profondément affecté : notre représentation du « monde » n'est pas celle du XVIIe ni du XIXe siècle, elle évolue et s'accorde avec l'image que le scientifique nous donne. S'il nous dit que l'homme moderne est apparu il y a 200 000 ans dans un univers âgé de 13,7 milliard d'années, que la tectonique des plaques fait dériver l'Europe vers le nord-ouest à une vitesse de 0,95cm/an, ou que le plaisir que nous éprouvons est déterminé par un circuit nerveux cérébral contrôlé par la dopamine, nous sommes plutôt enclins à le croire même si ces résultats s'opposent souvent aux sens communs.

D'un autre côté, les croyances irrationnelles tiennent une place non négligeable dans nos sociétés occidentales modernes pourtant considérées comme « cartésiennes ». Sans même parler des professions de foi religieuses, d'aucuns, n'y croyant pas toujours vraiment, seront attentifs à leur horoscope quotidien ou feront appel à un radiesthésiste pour localiser l'emplacement de leur forage familial. Les rayons des librairies portant sur l'ésotérisme, l'astrologie, la parapsychologie et le paranormal occupent une place toujours plus impressionnante, notamment par rapport à celle réservée aux sciences. Bien sûr, certains d'entre nous, nous pensons nous placer à des pôles bien distincts, privilégiant une certaine rationalité scientifique ou une croyance ésotérique, mais la grande majorité de nos contemporains croient au big-bang et pensent que le pain lève par fermentation alcoolique sous l'effet de levures, tout en allant acheter un traitement homéopathique censé calmer les angoisses de leur enfant ou suivre des séances d'acupuncture pour soulager une vilaine migraine. En dehors de tout esprit partisan, le fait est que la limite entre ce qui relève de la théorie et de l'activité scientifiques et des pratiques et notions non

scientifiques, limite qui pourrait motiver nos choix et notre action, n'est pas clairement définie dans notre quotidienneté.

La question de la démarcation entre science et non-science n'est pas seulement une réflexion initiée par quelques illuminés voici plus de deux millénaires et demi, mais se comprend comme une interrogation fondamentale qui engage nos choix d'individus et de société. Le procès de l'Arkansas a porté sur l'existence et l'enseignement de la « science de la création ». Mais sur quels critères scientifiques, indépendamment de toute autre considération, éthique, économique etc., doit-on autoriser ou interdire, par exemple, la mise sur le marché (AMM) des médicaments homéopathiques, la culture du maïs transgénique, celle des cellules embryonnaires humaines ? Devons-nous faire confiance aux prédictions climatiques du GIEC⁹ (ou à celles des climatosceptiques tel Claude Allègre) et modifier durablement le rejet de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, ce qui engage une nouvelle politique énergétique ? Faut-il suivre les recommandations des agences de notation financière qui font la pluie et le beau temps du marché obligataire et des emprunts d'Etat, quelles sont leurs légitimités scientifiques ? Les experts scientifiques (ou pseudoscientifiques) jouent un rôle privilégié dans nos institutions, nos choix éthiques et politiques, et bien souvent leurs conclusions portées par le sceau de la scientificité sont considérées comme « parole d'évangile ». Remarquons aussi que les critères sociologiques et institutionnels (présence d'un enseignement universitaire et scolaire, publications référencées etc.) n'ont pas toujours été opérants pour délimiter l'activité scientifique ; le meilleur exemple est sans nul doute le développement par Trofim Denissovitch Lyssenko (1898-1976) de la doctrine mitchourinienne, devenue science officielle en URSS pendant les années 1940 à 1960¹⁰. La

⁹ Groupe d'experts intercontinental sur l'évolution du climat (voir section II.C.3).

¹⁰ Dans le même sens, et bien que n'ayant pas les mêmes répercussions, on peut citer la thèse de doctorat en sociologie soutenue en 2007 par l'astrologue Elisabeth Tessier à l'Université Paris Descartes : *Situation épistémologique de l'astrologie à travers l'ambivalence fascination-rejet dans les sociétés postmodernes*.

démarcation entre science et non-science est un problème de frontières de la plus haute importance, frontière entre science et religion, science et pseudoscience, science et métaphysique.

Si les racines des premières activités scientifiques doivent être recherchées vers -3500 ans du côté de la Mésopotamie¹¹, notre culture occidentale fait généralement débiter la science par un épisode hautement symbolique, la prévision d'une éclipse par Thalès de Millet (v.625-547 av. J.-C) rapportée par Hérodote¹². Alors que le poète grec Archiloque expliquait les éclipses de soleil par les caprices de Zeus « changeant midi en minuit¹³ », Thalès et Pythagore se démarquent de cette attitude qui consiste à expliquer les phénomènes naturels par les récits mythologiques. Sur la base des calculs effectués à partir d'observations, ils cherchent à tenir un « discours rationnel sur la nature », c'est pourquoi Aristote les appellera les *physiologoi*. Il est intéressant d'observer que symboliquement la science pose son acte de fondement par une prédiction, une propriété que l'on retrouvera au centre du dispositif poppérien. Il n'en fallait pas moins pour tenter d'égaliser le pouvoir des oracles. La science peut donc accéder à une certaine connaissance du futur comme les devins le proclament, mais contrairement à ces derniers, elle construit sa prévision sur un nouveau type de discours qui lui est propre en tant que science. Ce discours est celui de la rupture avec le monde des dieux et plus généralement de la mystique, qui cherche à établir une rationalité nouvelle qu'elle partagera pendant longtemps avec la philosophie. Une philosophie, de Platon à Popper, qui s'est toujours érigée en gardienne de la scientificité. Socrate, le personnage des dialogues de Platon, incarne cette nouvelle conception de la raison capable de distinguer la connaissance comme *épistémè*, de l'opinion (*doxa*) arbitraire, raison qu'il tire pour une part

¹¹ PICHOT André, *La naissance de la science*. Tome 1 : Mésopotamie, Égypte, Gallimard, coll. « Folio Essais », 1991.

¹² Hérodote raconte que Thalès prédit l'éclipse de soleil du 28 mai 585 av. J.-C. qui survint lors d'un combat entre les Mèdes et les Lydiens. Cependant il est peu probable que Thalès maîtrisait toutes les connaissances scientifiques nécessaires (comme la théorie des épicycles d'Hipparque (v.190-20 av. J.-C)).

¹³ Cité par LECOURT Dominique, *La philosophie des sciences* (2001), P.U.F. « Que sais-je ? », 2006 (3^e éd.), p. 6.

essentielle de la démarche des mathématiciens¹⁴. Platon soutient qu'il faut se dégager de la *doxa* pour devenir savant, le travail du philosophe consistant justement à distinguer des degrés de certitude dans l'opinion de manière à transformer l'opinion vraie en connaissance scientifique, ce qui passe par la recherche des causes¹⁵ et des principes. Pour Aristote aussi, la science a pour objectif la connaissance de la cause et des principes et ne peut se construire sur la seule sensation. La cause est atteinte par la démonstration rationnelle qui s'appuie sur des notions universelles¹⁶ dont le syllogisme est le raisonnement par excellence. Le critère qui démarque la science vis-à-vis de tout autre discours est donc celui de l'universel et de la causalité, critère qui demeurera au cœur de la méthode de Popper. Nous avons ici en substance trois des quatre principaux pivots du « falsificationnisme poppérien » (comme les anglo-saxons aiment à dire) : universalité, lien causal¹⁷ et prédiction. Le quatrième prend sa source au XVIIIe siècle, dans la philosophie de David Hume. Emmanuel Kant comme Popper pensent avoir résolu le problème central de l'épistémologie humienne qui est celui du fondement de l'induction à laquelle Aristote s'était intéressé¹⁸ : qu'est-ce qui justifie le passage des faits particuliers à la loi universelle ? L'on sait que l'éclatante démonstration de Hume, mettant en exergue comment l'induction n'est en rien autre chose qu'un phénomène d'habitude créant une croyance en l'existence d'une régularité ou d'une loi, débouche sur un certain scepticisme épistémologique : plus qu'une habitude de l'esprit, l'induction est l'expression spontanée de l'activité intellectuelle et malgré son invalidité logique notre seul mode de connaissance¹⁹. Kant qui pose le problème des limites de la connaissance scientifique, est sensible à l'argumentation de Hume, et tout en y dénonçant le

¹⁴ Dans le *Théétète* de Platon, le savoir est défini comme « opinion vraie pourvue de raison », 201d.

¹⁵ PLATON, *Ménon*, 86a, trad. de Monique Canto-Sperber, Paris, GF Flammarion, 1991, p. 170.

¹⁶ ARISTOTE, *Ethique à Nicomaque*, VI, 6, 1141a6, trad. de Richard Bodéüs, GF Flammarion, 2004.

¹⁷ Bien que Popper se refuse de postuler un principe de déterminisme universel, il ne peut pas, comme nous le montrerons, faire l'économie d'une causalité nomologique.

¹⁸ ARISTOTE, *Premiers analytiques*, II, 6, ch.23, trad. de Jules Tricot, Vrin, 1992.

¹⁹ HUME David, *L'entendement, Traité de la nature humaine* (1739), Livre I, traduction de P. Baranger et P. Saltel, GF Flammarion, 1995.

scepticisme, s'en inspirera pour montrer comment la métaphysique résulte d'un raisonnement à vide de la raison, prétendant tirer d'elle-même des jugements d'existence²⁰. A l'opposé, les théories scientifiques se définissent comme des systèmes dans lesquels il est fait un usage légitime de la raison, grâce aux catégories universelles innées (notamment celle de causalité), à partir d'un contenu d'expérience.

Popper, dès son premier ouvrage, *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1932), ancre les questions de l'induction (ou « problème de Hume » comme l'avait nommé Kant) et de la démarcation (ou « problème de Kant », comme le nomme Popper) au fondement même de toute épistémologie. Il précise « que celui de la démarcation est celui qui mérite le plus d'intérêt », parce que, comme nous l'avons montré, « sa signification n'est pas seulement théorético-philosophique, mais elle est aussi de la plus grande actualité pour les sciences particulières, et tout particulièrement pour la pratique de la recherche²¹ ». Cependant si Popper reconnaît que la formation de nos croyances est conditionnée au préalable par l'existence d'un cadre théorique, il considère contre Kant, au regard du progrès des connaissances de l'humanité, que ce cadre ne peut être considéré comme valide *a priori* et indépassable²². L'homme possède, en effet, un formidable outil de révision critique de ses conjectures qui s'affranchit de la méthode inductive : le critère de démarcation.

Le critère de démarcation poppérien, celui-là même que le philosophe des sciences Michael Ruse indiqua à la Cour suprême en ce mois de décembre 1981, parmi cinq critères permettant de distinguer la science de la non-science, à savoir :

²⁰ La métaphysique est dénoncée comme connaissance « spéculative » qui « s'élève complètement au-dessus des enseignements par l'expérience ». KANT Emmanuel, *Prolegomènes à toute métaphysique future qui pourra se présenter comme science* (1783), trad. de L. Guillermit, Paris, Vrin, 1993.

²¹ POPPER Karl R., *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1932), trad. de Christian Bonnet, Paris, Hermann, 1999, p. 28.

²² POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1956), Paris, Hermann, 1982, 1990, p. 174.

- (1) « La science est guidée par les lois de la nature ;
- (2) Elle doit être explicative en référence aux lois de la nature ;
- (3) Ses conclusions sont provisoires, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas forcément le dernier mot ;
- (4) Elle est testable vis à vis du monde empirique ;
- (5) Elle est réfutable²³ ».

Ruse propose ces cinq critères qui lui paraissent être assez consensuels et qu'il dit partagés par la majorité des philosophes des sciences de cette fin de XXe siècle²⁴.

On reconnaît dans le premier critère l'héritage de la philosophie grecque, les lois de la nature étant par essence nécessaires et universelles. Pour Ruse, l'existence de lois naturelles garantit la scientificité, parce que « ce que l'on essaie de faire en science est expliqué par la loi²⁵ ». Les lois régissent l'univers, elles préexistent à l'activité du chercheur qui, en les découvrant, permet d'expliquer les phénomènes (2). La science du XXe siècle, telle que la décrit Ruse, s'inscrit dans une logique déductive qui est garantie par la nomicité de la loi, comme l'ont expliquée Carl Hempel et Popper²⁶. Le faillibilisme scientifique (3), par contre, est le sceau de l'épistémologie du XIXe siècle portée par les travaux de Charles Sanders Peirce dans lesquels Popper se retrouvera en grande partie²⁷. La connaissance scientifique apodictiquement certaine de Francis Bacon ou d'Isaac Newton laisse place à une connaissance provisoire qui peut être sujette à de sérieux amendements : *exit* la certitude comme critère de scientificité.

La testabilité de la science (4) doit se comprendre ici dans un sens assez général, c'est-à-dire comme une confrontation de la théorie à la réalité empirique, notamment dans un registre de

²³ (“(1) *It is guided by natural law; (2) It has to be explanatory by reference to nature law; (3) It is testable against the empirical world; (4) Its conclusions are tentative, i.e. are not necessarily the final word; and (5) It is falsifiable. (Ruse and other science witnesses)*” – je traduis-), La décision de la Cour, *McLean v. Arkansas Board of Education op.cit.*

²⁴ RUSE Michael, “Witness testimony sheet: *Mc Lean V. Arkansas board of education*” in RUSE Michael, PENNOCK Robert T., *But is it Science ?* New York, Updated edition, Prometheus Books, 2009, p. 271.

²⁵ (“*What one's trying to do in science is explained by law*” – je traduis-), Témoignage de Michael Ruse, professeur de philosophie, Université de Guelph, Ontario, Canada.

http://www.antievolution.org/projects/mclean/new_site/pf_trans/mva_tt_p_ruse.html#pg369.

²⁶ Voir section II.C.5

²⁷ En France, les travaux de Claude Bernard, dont Popper semble avoir pris connaissance tardivement, soulignent aussi l'importance du caractère faillible de toute théorie scientifique (MALHERBE Jean-François, « Karl Popper et Claude Bernard » in *Dialectica*, vol. 35, pp. 373-388, déc. 1981).

vérification, comme le précise Ruse dans son témoignage : « La possibilité de comparer les preuves contre l'explication proposée est l'essence de la testabilité scientifique²⁸ ». Chercher à vérifier la validité d'un énoncé théorique par l'expérience répétitive intersubjective est une pratique courante en science. Les membres du Cercle de Vienne (*Wiener Kreis*)²⁹ dans leur lutte contre les prétentions de la métaphysique, installeront la vérification³⁰ au cœur de la démarcation : « S'il n'y a pas de manière possible de *déterminer si un énoncé est vrai*, cet énoncé n'a absolument aucune signification. Car la signification d'un énoncé, c'est sa méthode de vérification³¹ ». Rappelons que la conception scientifique du monde des empiristes logiques ne connaît, en dehors des énoncés analytiques de la logique et des mathématiques, que des énoncés d'expérience. La confrontation des énoncés à la réalité de l'expérience permettrait de résoudre l'absence de signification des énoncés métaphysiques qu'avait dénoncée Ludwig Wittgenstein³². Ce faisant, en voulant dépasser l'aporie³³ de l'auteur du *Tractatus*, par le « vérificationnisme de la signification », les membres du cercle de Vienne prêtent leur flanc aux critiques acerbes de Popper.

Concernant la signification, Popper fait remarquer qu'il est impossible de démarquer empiriquement un énoncé par le seul critère d'absence ou de présence de sens : vrai n'est pas synonyme de signification. Un énoncé aura du sens de par sa construction syntaxique et sa

²⁸ (“*The ability to compare the evidence against the proposed explanation is the essence of scientific testability*” – je traduis-), RUSE Michael, “Witness testimony sheet: Mc Lean V. Arkansas board of education”, *op.cit.*, p. 273.

²⁹ Groupe de discussion rassemblé à Vienne à partir de 1925 et jusqu'en 1936, formant le « *Mouvement de la science unifiée* » et constitué d'un nombre important d'éminents philosophes et scientifiques « positivistes logiques », tels que Moritz Schlick (1882-1936), Rudolf Carnap (1891-1970), Otto Neurath (1882-1945), Hans Hahn (1879-1934), Kurt Gödel (1906-1976) etc., et un certain nombre de « sympathisants » comme Bertrand Russell (1872-1970), Ludwig Wittgenstein (1889-1951) et Albert Einstein (1879-1955)...

³⁰ Que Rudolph Carnap modula en théorie de la confirmation et de la testabilité.

³¹ WAISMANN Friedrich, *Erkenntnis* (1930), cité par Popper *La logique de la découverte scientifique* (1934) p. 36, voir aussi SCHLICK Moritz, « Meaning and verification » in *Philosophical Review*, vol. XLV, sect. 1, 1936, p. 341.

³² WITTGENSTEIN Ludwig, *Tractatus logico-philosophicus* (1921), trad. de Gilles-Gaston Granger, Paris, tel Gallimard, 2001.

³³ Texte en regard de la note 60 ci-dessous.

complétude, indépendamment de sa vérité³⁴. La pseudo-proposition wittgensteinienne « Socrate est identique » est dénuée de signification, non pas parce qu'elle n'est pas vérifiable mais, parce qu'elle est incomplète. Pour Popper, il faut faire passer la ligne de la démarcation « par le cœur même de la région du sens, et non aux confins du sens et du non-sens³⁵ ». Car les énoncés métaphysiques ne sont pas plus dénués de sens que les scientifiques. Pour Popper la majorité des théories scientifiques se sont construites sur des idées métaphysiques (et même des mythes³⁶), et celles tombées en désuétude, n'en perdent pas, pour autant toute signification. *Exit* donc la stricte hiérarchie positiviste excluant toute métaphysique.

La seconde critique concerne l'invalidité logique de la vérification : il est impossible de vérifier l'univers dans sa totalité pour savoir si quelque chose n'existe pas, n'a jamais existé ou n'existera jamais. Toutes les vérifications du monde n'empêcheront jamais qu'une théorie soit un jour réfutée. Popper montre que les empiristes logiques fondent la vérité des énoncés universels sur l'inférence inductrice, celle-là même dénoncée par Hume. Certes ils reconnaissent avec Moritz Schlick « qu'il n'existe pas de justification logique de [l'induction]³⁷ », mais en considérant que la vérité d'une loi est assurée par l'expérience, ils ramènent la vérité de cet énoncé universel à celle d'énoncés singuliers qui seront eux-mêmes connus par des expériences singulières.

Comme il ne peut exister aucune inférence inductrice logiquement valide de quelque nature, l'impossibilité pour les théories d'être vérifiées est méthodologiquement fondamentale

³⁴ Popper formule ainsi le réquisit auquel doit satisfaire toute logique de signification et de non-signification : « *Il faut que la négation d'un énoncé doué de sens soit elle-même douée de sens et que la négation d'une expression ou d'une suite de mots dénuée de sens soit elle-même dénuée de sens* », POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I*, op.cit. , p. 195.

³⁵ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1983), Paris, Hermann, 1990, p.193.

³⁶ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations* (1963), op.cit. p. 377 et 379.

³⁷ SCHLICK, *Naturwissenschaften* (1931), cité par POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), trad. De N. Thyssen- Rutten et P. Devaux, Bibliothèque scientifique Payot, 1973, 1989, p. 33.

aux yeux de Popper. A plusieurs reprises et notamment dans son autobiographie, *La quête inachevée* (1974), il raconte comment, adolescent, il aurait pris conscience³⁸ que derrière le pouvoir explicatif apparent des théories marxistes, freudiennes et adlériennes (« l'univers abondait en vérifications de la théorie³⁹ »), il subsistait un véritable vide logique et méthodologique. Comparativement, alors que les adeptes du marxisme et du freudisme voyaient, au quotidien, dans les faits politiques ou les données cliniques des preuves vérifiant les thèses de leur mentor, la théorie d'Einstein se présentait de manière totalement différente. Elle était prédictive de façon précise⁴⁰ et prenait donc fondamentalement le risque de se trouver incompatible avec certains résultats d'observation possibles, donc d'être réfutée par les données empiriques (5^{ième} critère de Ruse). Ainsi les problèmes de la démarcation entre science et non-science et indirectement de l'induction (les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance), sont résolus par le critère de réfutabilité (ou de falsifiabilité⁴¹) :

« Lorsque j'ai proposé le critère de réfutabilité (...), j'entendais tracer une frontière –aussi bien que faire se pouvait- entre les énoncés ou systèmes d'énoncés des sciences empiriques et tous les autres énoncés, que ceux-ci fussent de nature religieuse, métaphysique ou, tout simplement, pseudo-scientifique. Ultérieurement, (...), j'ai appelé ce premier problème le « *problème de la démarcation* ». Le critère de réfutabilité apporte en effet une solution à ce problème, puisqu'il spécifie que des énoncés ou des systèmes d'énoncés doivent pouvoir entrer en contradiction avec des observations possibles ou concevables⁴² ».

La caractéristique première qui interpelle tout observateur, c'est le renversement opéré par Popper ; certes, certains épistémologues du XIXe siècle avaient pointé du doigt le faillibilisme scientifique, mais alors que la science était généralement présentée comme le domaine d'une

³⁸ Cet épisode doit être considéré comme fortement reconstruit *a posteriori* comme l'ont montré les historiens des sciences (voir section I.A.3), cependant il n'en reste pas moins qu'il traduit parfaitement la pensée de l'auteur arrivée « à maturité ».

³⁹ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique* (1963), *op.cit.*, p. 61.

⁴⁰ Voir section I.A.3.

⁴¹ Les traducteurs des œuvres de Popper en français ont plutôt privilégié le signifiant (falsifier) que le signifié (réfuter) pour l'anglais *to falsify*, étant entendu qu'en français on ne falsifie pas une hypothèse mais bien un document (la traduction de *Conjectures et réfutations* étant une exception). Bien que cette question lexicale ne nous semble pas prioritaire, nous suivrons les recommandations de Popper, et utiliserons généralement réfuter (et ses dérivés), plutôt que falsifier (et ses dérivés). Cependant dans certains cas, il semble que le *terminus technicus popperianus* doive s'imposer, comme dans les expressions « falsificateur potentiel » ou « falsificationnisme ».

⁴² POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations* (1963), *op.cit.* p. 68.

connaissance irréfutable, il fallait au contraire dorénavant la comprendre comme un savoir réfutable : « Pour les théories, l'irréfutabilité n'est pas (comme on l'imagine souvent) vertu mais défaut⁴³ ».

La deuxième caractéristique relève du type de raisonnement logique opéré. Le critère de réfutabilité de Popper s'oppose à l'induction par le fait qu'il s'agit d'un critère déductif de contrôle de la théorie par l'expérience. Ce raisonnement déductif tire sa validité d'une inférence logique hérité de la Grèce antique : le *modus tollens* ou contraposition des stoïciens (sur lequel on aura l'occasion de revenir). On observe donc que ce que nous avons appelé les pivots du « falsificationnisme poppérien » (à savoir : universalité, lien causal, prédiction et donc *modus tollens*), sont tous hérités du berceau de la philosophie occidentale. L'originalité des travaux de Popper tient dans l'association des concepts manipulés plus que par leur nouveauté. Cependant, on pourra rétorquer qu'il n'est pas le premier, loin s'en faut, à proposer la réfutation comme contrôle de la connaissance. L'on peut en trouver des prémisses dans la philosophie grecque et Blaise Pascal l'a, par exemple, exprimé très clairement⁴⁴, tout comme John F.W. Herschel⁴⁵ ou Pierre Duhem avec les « expériences d'épreuve »⁴⁶. Mais alors qu'est-ce qui fait l'originalité des travaux de Popper ?

La première réponse que l'on peut apporter, c'est qu'il ne se contente pas d'évoquer dans une lettre ou au détour d'un long traité, cette possibilité de condamner un point de théorie par une

⁴³ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations* (1963), *op.cit.* p. 64.

⁴⁴ « (...) ; de sorte que, pour faire qu'une hypothèse soit évidente, il ne suffit pas que tous les phénomènes s'en ensuivent, au lieu que, s'il s'ensuit quelque chose de contraire à un seul phénomène, cela suffit pour assurer de sa fausseté ». PASCAL Blaise, « Réponse au très Révérend Père Noël du 29.10.1647 », in *Œuvres complètes*, Paris Seuil, 1963, p. 202.

⁴⁵ HERSCHEL John F.W., *A preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy* (1830), London, Longman ; facsimile reprod. Chicago, UCP, 1987, p. 63.

⁴⁶ « Un physicien conteste telle loi ; il révoque en doute tel point de théorie ; comment justifiera-t-il ses doutes ? Comment démontrera-t-il l'inexactitude de la loi ? De la proposition incriminée, il fera sortir la prévision d'un fait d'expérience ; il réalisera les conditions dans lesquelles ce fait doit se produire ; si le fait annoncé ne se produit pas, la proposition qui l'avait prédit sera irrémédiablement condamnée ». DUHEM Pierre, *La théorie physique, son objet, sa structure* (1906), Vrin, Paris, 1981, p. 279.

prévision couplée à une expérience, mais qu'il la place au cœur même de toute épistémologie c'est à dire qu'il érige le critère de démarcation au rang de « système empirique⁴⁷ ». Le critère devient la norme de toute science et « l'expérience », telle que la conçoit Popper, en est la méthode. « L'expérience comme méthode⁴⁸ », c'est « la procédure spécifique de la science empirique⁴⁹ », de telle sorte qu'aucun savoir empirique ne puisse se soustraire à la réfutabilité.

La seconde originalité réside dans le rapport à l'expérience qu'entretient le critère de démarcation. Dans la majorité de ses travaux, Popper présente le critère comme une potentialité logique, il parle de réfutabilité (ou de falsifiabilité) et non de réfutation (ou de falsification). Cependant la situation n'est pas aussi claire, car nombre de commentateurs interprètent le critère comme un acte réel de réfutation⁵⁰. Si le critère de démarcation doit être compris comme une potentialité, ce qu'il nous faudra vérifier, on peut se poser la question de la raison d'un tel choix et essayer de le comprendre au fil de son discours philosophique. Au-delà, comment Popper va-t-il, peut-il, concilier un critère potentiel avec un système empirique qui met l'expérience effective au cœur même d'une normativité épistémologique ? Car comment peut-on opérer dans un même mouvement, avec et sans l'expérience ? Ces interrogations guideront notre première partie.

La troisième originalité des travaux de Popper se trouve être dans la place prépondérante de la prédiction permettant de tester la théorie. Pour Popper, il existe une équivalence logique entre la capacité prédictive d'une théorie et sa scientificité. Une théorie qui ne peut prévoir des phénomènes donnés n'est pas explicative et donc métaphysique. Ainsi dans *La quête inachevée* (1974) Popper nous explique que « Le darwinisme ne *prédit* pas véritablement l'évolution de la

⁴⁷ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p. 36.

⁴⁸ *Ibid.*, p.35.

⁴⁹ *Ibid.*, p. 36.

⁵⁰ Voir section I.A.2.

variabilité des espèces. C'est pourquoi il ne peut véritablement l'*expliquer*⁵¹ », c'est un programme métaphysique de recherche. La prédiction comme clé de voute de la méthode poppérienne, sera le second angle d'étude du critère de démarcation. On interrogera, dans notre seconde partie, l'absence de prédictibilité et de scientificité supposée de certaines théories étudiées par Popper et dénoncées comme pseudoscientifiques, comme le marxisme, la psychanalyse ou la théorie de l'évolution. Les résultats de cette étude nous conduiront à repenser le concept de prédiction dans toute sa diversité, et ainsi proposer une typologie des prédictions, étape selon nous nécessaire à une compréhension générale d'un processus trop souvent réduit, sous l'effet de l'hégémonie du système déductif-nomologique, à une simple identité avec l'explication.

Ces deux premières parties ayant soulevé un certain nombre de problèmes fondamentaux inhérents au « falsificationnisme poppérien », il sera alors le moment de mettre le critère de démarcation à l'épreuve de la réalité expérimentale et de le confronter à ses équivoques. Une autre particularité de l'épistémologie poppérienne, c'est sa réception assez exceptionnelle dans les milieux scientifiques, notamment en sciences de la vie, une « épistémologie dont bien des chercheurs en pleine activité se réclament⁵² ». Il est en effet peu commun de voir un système épistémologique, édifié par un philosophe des sciences, qui soit aussi influent sur la pensée des savants. Jacques Monod (1910-1976), prix Nobel de physiologie et de médecine en 1965, dans sa préface à l'édition française de *La logique de la découverte scientifique*, est dithyrambique à son propos⁵³, de nombreux illustres chercheurs⁵⁴ sont ou ont été influencés par Popper, comme le

⁵¹ POPPER Karl R., *La quête inachevée* (1974), trad. de Renée Bouveresse, Paris, Calmann-Lévy, 1981, p. 245.

⁵² POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science*, op.cit., p.18.

⁵³ « [Le critère de démarcation] n'est pas seulement un instrument critique utilisable *a posteriori* pour l'évaluation d'une théorie, mais d'un principe essentiel, sur quoi s'est édifié réellement et repose tout l'édifice, jamais achevé, de la connaissance scientifique (...) C'est ce qui fait de ce livre à mes yeux, l'un des rares ouvrages d'épistémologie où un homme de science puisse reconnaître, sinon parfois découvrir, le mouvement même de sa pensée, l'histoire vraie,

biologiste Peter Medawar (prix Nobel de physiologie et de médecine en 1960), le neurophysiologiste John Eccles (prix Nobel de physiologie et de médecine en 1965), le médecin biologiste Christian de Duve (prix Nobel de physiologie et de médecine en 1974), les paléontologues Stephen Jay Gould et Niles Eldredge, le biologiste de l'évolution John Maynard Smith, de nombreux phylogénéticiens comme Arnold Kluge, l'historien de l'art Ernst Gombrich, le psychologue Donald T. Campbell, l'économiste F.A. von Hayek, l'astronome Hermann Bondi, etc. Etant hors de propos d'étudier de façon exhaustive l'influence de Popper sur la pensée et la pratique de tous ces scientifiques, nous confronterons quelques découvertes importantes de Monod avec ses propres affirmations ; à savoir si le critère de démarcation est « un principe essentiel, sur quoi s'est édifié réellement et repose tout l'édifice, de la connaissance scientifique » et aussi « un instrument critique utilisable *a posteriori* pour l'évaluation d'une théorie⁵⁵ ».

Apportons maintenant quelques éléments de réponse. Ainsi que certains observateurs l'ont fait remarquer⁵⁶, nous concluons à notre tour que la démarcation entre science et non-science selon le critère de Popper « ça ne marche pas toujours » (c'est un euphémisme), ni pour construire la connaissance, ni pour la délimiter. Cependant les explications proposées restent, bien souvent, trop sommaires et intellectuellement frustrantes. Comprendre et mettre au jour les contradictions internes du critère de démarcation tiraillé entre la potentialité et l'action constitueront l'enjeu principal de cette sous-partie. Pourquoi, *in fine*, le critère de démarcation de Popper n'est-il pas opérant, qu'est-ce qui « coince » entre réfutabilité, réfutation, prédictibilité et corroboration des énoncés scientifiques ?

rarement écrite, du progrès auquel il a pu personnellement contribuer ». MONOD Jacques, préface de POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, *op.cit.*, p. 3.

⁵⁴ Voir par exemple, MAGEE Bryan, *Popper*, Glasgow, Fontana/Collins, 1975. STAMOS David N., « Popper, Laws, and the Exclusion of Biology from Genuine Science », in *Acta biotheoretica*, vol. 55, issue 4, 2007, p. 358 et suivantes.

⁵⁵ MONOD Jacques, préface de POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, *op.cit.*, p. 3.

⁵⁶ Thomas Kuhn (1962, 1974), Imre Lakatos (1968, 1969), Paul Feyerabend (1975), Paul Thagard (1978, 1988), Adolf Grünbau (1984), Lary Laudun (1981, 1983), Franck Cioffi (1970, 2005), David Stamos (1996, 2007), etc.

Nous poursuivrons ensuite notre investigation tout particulièrement dans le domaine des sciences de la vie, d'une part parce que l'influence de Popper y a été prépondérante, notamment en biosystématique, mais aussi parce que cela correspond à nos propres interrogations d'enseignant en sciences de la vie et de la terre⁵⁷ confronté aux spécificités d'une biologie située entre loi et histoire. Si l'on recherche un point commun aux difficultés d'application du critère poppérien au marxisme, à la psychanalyse et à la théorie de l'évolution, on retrouvera au centre le caractère fondamentalement historique de ces trois disciplines. La psychanalyse étudie l'histoire individuelle de l'homme, le marxisme celle des sociétés humaines et la « science de l'évolution » l'histoire de la vie. Cette composante historique commune s'oppose au caractère déductif nomologique requis par la réfutation empirique. Le principal problème de la réfutation des énoncés biologiques se cristallise donc autour de la nomicité et de l'historicité de la biologie.

Faudrait-il pour autant verser dans une forme de relativisme ou même de faillibilisme épistémologique ainsi que l'envisagent certains philosophes des sciences contemporains, pour lesquels, comme Thomas Kuhn, la recherche d'une démarcation entre science et non-science est secondaire⁵⁸, si ce n'est illusoire comme l'affirme Larry Laudan : « le problème de la démarcation entre science et non science est un faux problème (au moins aussi loin que la philosophie est concernée) ⁵⁹ » ? Notre dernier mouvement, concluant par la négative, sera l'occasion de proposer un critère de démarcation pluriel entre science et non-science permettant de sortir d'une aporie essentielle qui engagerait, par analogie avec la formule wittgensteinienne

⁵⁷ Je suis professeur agrégé de SVT au Lycée Aubanel à Avignon.

⁵⁸ « L'énergie dépensée dans ces débats, les passions qu'ils suscitent étonnent souvent le spectateur. Une *définition* du mot "science" a-t-elle une si grande importance ? ». KUHN Thomas S., *La structure des révolutions scientifiques* (1962), trad. Laure Meyer, Paris, Champs Flammarion, 1983, p. 220.

⁵⁹ ("The problem of demarcation between science and non-science is a pseudo-problem (at least as far as philosophy is concerned)" –je traduis-). LAUDAN Larry, « The Demise of the Demarcation problem », in R.S. Cohen and L. Laudan, eds., *Physics, Philosophy, and Psychoanalysis* (Dordrecht : Reidel, 1983) p.124, repris dans RUSE Michael, PENNOCK Robert T., *But is it Science ?* New York, Updated edition, Prometheus Books, 2009, p. 327.

(« Sur ce dont on ne peut parler, il faut garder le silence »)⁶⁰, la raison même d'être de la philosophie des sciences.

⁶⁰ WITTGENSTEIN Ludwig, *Tractatus logico-philosophicus* (1921), *op.cit.*, 7, p.112.

I. La démarcation entre science et non science

Pour Popper, l'étude du marxisme et de la psychanalyse comme pseudosciences est indissociable de celle du critère de démarcation. Comme nous l'avons souligné dans l'introduction, Popper présente dans son autobiographie, l'année cruciale 1917 comme l'année de la révélation du critère. L'épistémologue en herbe (Popper est alors âgé de quinze ans) aurait pris conscience de la différence fondamentale qu'il existe entre une attitude proprement scientifique comme celle d'Einstein proposant des réfutations de sa théorie⁶¹ et une attitude dogmatique « qui affirmait sans cesse avoir trouvé des vérifications⁶² » caractérisant les pseudosciences : « Je découvrais là une attitude totalement différente de celle, dogmatique, de Marx, Freud et Adler, et davantage encore de celle de leurs disciples⁶³ ». Bien que la référence autobiographique de Popper, comme nous le verrons, doit être considérée comme une reconstruction postérieure idéalisée, elle montre néanmoins combien cette distinction revêt une importance considérable aux yeux de Popper, distinction qu'il répéta à de nombreuses reprises :

« Mais [mon critère de démarcation] est plus que suffisamment pointu pour faire une distinction entre de nombreuses théories physiques d'une part, et les théories métaphysiques, comme la psychanalyse ou le marxisme (dans sa forme actuelle), d'autre part. C'est, bien sûr, une de mes thèses principales, et de celui qui ne l'a pas compris, on peut dire qu'il n'a pas compris ma théorie⁶⁴ ».

L'idée que le marxisme et la psychanalyse doivent être considérés comme des pseudosciences, idée popularisée par les travaux de Popper, ne doit pas masquer le fait qu'à

⁶¹ « Si le décalage vers le Rouge des lignes spectrales dû au potentiel de gravitation devait ne pas se pas exister, alors la théorie générale de la relativité serait insoutenable ». EINSTEIN Albert, *Relativity : The Special and the General Theory of Relativity. A Popular Exposition*, Londres, Methuen & Co., 1920, cité par Popper, *La quête inachevée*, op.cit., p. 59.

⁶² POPPER Karl R., *La quête inachevée* (1974), op.cit., p. 59.

⁶³ *Ibid.*

⁶⁴ « But it is more than sharp enough to make a distinction between many physical theories on the one hand, and metaphysical theories, such as psychoanalysis, or Marxism (in its present form), on the other. This is, of course, one of my main theses; and nobody who has not understood it can be said to have understood my theory » – je traduis -), POPPER Karl R., « Replies to my critics » in *The Philosophy of Karl Popper*, The Library of Living Philosophers, edited by Paul Arthur Schilpp, 1974, p. 984.

l'orée du XXe siècle ces disciplines se présentaient (et se présentent souvent encore) comme des sciences à part entière.

Resituer le marxisme et la psychanalyse au sein des sciences du XIXe siècle, permettra, dans un premier temps, de mieux saisir la démarche de Popper, afin de dégager, de façon que nous espérons optimale, toutes les caractéristiques, les ambivalences et les enjeux de son critère de démarcation. En outre cela constituera une introduction idéale à l'étude, de notre point de vue et en regard des travaux même de Popper, des prétentions scientifiques de ces deux disciplines (partie II).

A. Le critère de démarcation de Popper

1. Le marxisme et la psychanalyse se déclarent scientifiques

La conception matérialiste de l'histoire de Karl Marx (1818-1883), défend l'idée que les événements historiques sont influencés par les rapports sociaux et en particulier par les rapports entre classes sociales. En cherchant à analyser les causes des développements et des changements qui s'opèrent dans les sociétés et en s'attachant à décrire les conditions d'existence réelle des êtres humains dans une économie capitaliste, Marx et ses disciples présentent leurs travaux comme relevant de la science :

« Ces deux grandes découvertes : la conception matérialiste de l'histoire et la révélation du mystère de la production capitaliste au moyen de la plus-value, nous les devons à Marx. C'est grâce à elles que le socialisme est devenu une science⁶⁵ ».

Si Friedrich Engels (1820-1895) fait du marxisme le début du socialisme scientifique, c'est parce que le marxisme est la science du mode de production capitaliste (étudiée par Marx dans *Le capital* -1867-), mais aussi la science prédictive de l'abolition des classes, de la fin inéluctable du capitalisme et de l'avènement d'une société d'où aurait disparu tout rapport de domination. Marx

⁶⁵ ENGELS Friedrich (1878), *Anti-Dürhing*, Editions Sociales, Paris, 1973, p. 56.

et Engels se sont donnés comme mission de libérer le socialisme de sa tendance sentimentale et moraliste (incarnée notamment par Saint-Simon et Pierre-Joseph Proudhon) et le faire passer de l'utopie à la science. En 1880, Engels défend cette mutation fondamentale avec la parution de *Socialisme utopique et Socialisme scientifique*. La scientificité du marxisme est fondée sur l'étude et la connaissance rationnelle de la réalité sociale et ne s'appuie pas, selon ses défenseurs, sur une métaphysique abstraite comme pourrait le faire l'économie politique.

« Le marxisme se présente (...), comme une *sociologie scientifique* avec des conséquences politiques, tandis que la conception du monde qui s'oppose à lui est une politique abstraitement justifiée par une *métaphysique*. (...) Mais ce n'est pas seulement cette synthèse, transformatrice de ses éléments, qui fut l'œuvre propre de Marx (et d'Engels). On lui doit la compréhension nette et claire de l'importance des phénomènes économiques, et l'affirmation nette et claire que ces phénomènes relèvent d'une étude scientifique, rationnelle, méthodiquement poursuivie, portant sur des faits objectifs et déterminables⁶⁶ ».

On retrouve dans cette citation d'Henri Lefebvre tous les attributs caractéristiques de la science : rationalité, méthodologie, objectivation et détermination des faits. Le dernier point n'est pas des moindres car il suppose un déterminisme causal, souvent présenté comme spécificité première de toute activité scientifique (Wesley Salmon 1984). Le socialisme scientifique, de même que la physique déterministe repose sur la connaissance de lois indubitables, et en ce sens il s'agirait d'une science nomothétique. C'est ainsi que Marx présente l'objectif du *Capital* : « Le but final de cet ouvrage est de dévoiler la loi économique du mouvement de la société moderne⁶⁷ ». Par son long labeur⁶⁸ aboutissant à l'identification des lois économiques et sociales et en particulier de la loi précitée, Marx ferait donc œuvre de science.

Concernant la psychanalyse, Sigmund Freud (1856-1939) a toujours déclaré que la psychanalyse (qui deviendra à partir de 1913 la psychanalyse), procédé d'investigation et de traitement

⁶⁶ LEFEBVRE Henri, *Le marxisme*, P.U.F. « Que sais-je ? », 2003 (23e éd.), p. 7-22.

⁶⁷ MARX Karl, *Le capital* (1867), trad. de J. Roy, Paris, Garnier-Flammarion, 1969, p. 37.

⁶⁸ Marx a consacré vingt ans à l'écriture du *Capital*, les tomes II et III restent à l'état d'ébauche.

des processus psychiques et des troubles névrotiques éventuellement associés, est une nouvelle science de l'homme (*Humanwissenschaft*), la science des processus psychiques :

« En admettant l'existence d'un appareil psychique à étendue spatiale, bien adapté à son rôle, développé par les nécessités de l'expérience et qui ne produit les phénomènes de la conscience qu'en un point particulier et dans certaines conditions, nous avons été en mesure d'établir la psychologie sur des bases analogues à celle de toute autre science, de la physique, par exemple⁶⁹ ».

Il faut comprendre que la psychanalyse permet à la psychologie d'accéder au statut de science de la nature (*Naturwissenschaft*) parce que les processus psychiques peuvent être pris comme objets de recherche de la même façon que les phénomènes naturels observables le sont en sciences de la nature. Freud oppose ainsi la psychanalyse en tant que science de la nature à la *Weltanschauung* qui est une vision philosophique du monde basée sur des concepts théoriques éloignés des données empiriques. Il établit une stricte analogie entre les constructions conceptuelles de la psychanalyse et de l'analyse chimique ainsi que de la science physique ; par exemple le physicien emploie l'électricité comme un concept théorique, de la même façon que le psychologue emploie la pulsion sans livrer aucune information sur l'essence première des concepts opératoires.

On sait que les années de formation de Freud ont fortement contribué à l'orientation scientifique de la psychanalyse comme science de la nature. Rappelons que ce dernier a travaillé six ans (1876-82) à l'Institut de physiologie d'Ernst Brücke où la physiologie était conçue comme une extension de la physique (et deux semestres dans le laboratoire de chimie du professeur Ludwig). Il y étudie l'histologie nerveuse (travaux sur les neurones) et les effets thérapeutiques de la cocaïne⁷⁰. C'est pendant cette période que Freud découvre les théories positivistes du physiologiste antivitaliste, Emil du Bois-Reymond⁷¹. Durant son service militaire,

⁶⁹ FREUD Sigmund, *Abrégé de psychanalyse* (1938), traduction d'Anne Beraman, Paris, P.U.F., 1964, p. 47.

⁷⁰ Auparavant, Freud effectua deux séjours durant l'année 1876 dans la station de zoologie marine expérimentale de Trieste, sous la responsabilité de Carl Claus. Il y disséqua des anguilles à la recherche de l'organe de Syrski qui se trouvera être un testicule, (MIJOLLA Alain, *Dictionnaire international de la psychanalyse*, Hachette, 2005, entrée Sigmund Freud, p. 655).

⁷¹ DE MIJOLLA Alain, *Dictionnaire international de la psychanalyse*, op.cit.

il traduit les *Collected Works* de John Stuart Mill⁷², assiste aux cours de Franz Brentano et s'intéresse aux théories de Charles Darwin⁷³. Il rencontre à Paris le célèbre neurologue et clinicien Jean-Martin Charcot où il y étudiera pendant quatre mois (d'octobre 1885 à février 1886) la neuropathologie et sera sensibilisé au problème de l'hystérie. Indiquons aussi que selon le biographe Ernest Jones⁷⁴, Freud aurait renoncé à contrecœur à ses recherches et embrassé une carrière de médecin praticien pour subvenir au besoin de sa nouvelle famille. Il continua cependant, alors qu'il travaillait au service de psychiatrie de Theodor Meynert de l'hôpital de Vienne à poursuivre des études histologiques sur la moelle épinière jusqu'en 1886⁷⁵.

Dans une optique proche, il est important de signaler que pour Freud, la démarche psychanalytique, à défaut de pouvoir prétendre à une application thérapeutique pharmacologique de la biochimie, doit plutôt être considérée comme une étape qu'une fin en soi (de ce point de vue Freud peut être considéré comme assez visionnaire) :

« L'avenir nous apprendra peut-être à agir à l'aide de certaines substances chimiques, sur les quantités d'énergie et leur répartition dans l'appareil psychique. Pour le moment néanmoins nous ne disposons que de la technique psychanalytique (...)»⁷⁶.

La psychanalyse se substitue à une approche pharmacologique des traitements névrotiques impossible en cette fin du XIXe siècle, et doit être comprise comme une manipulation technique de l'appareil psychique. Dans ses premiers travaux, Freud envisagea même un point de départ mécanique à la psychologie où les catégories de tension, de décharge, d'excitation et d'inhibition

⁷² Rappelons que John Stuart Mill a été un important promoteur des thèses comtistes à l'extérieur de la France, il publie en 1865, *Auguste Comte and positivism*.

⁷³ MAJOR René et TALAGRAND Chantal, *Freud*, Gallimard, coll. « Folio biographies », 2006.

⁷⁴ JONES Ernest, *La vie et l'œuvre de Sigmund Freud* (trois tomes) PUF- Quadridge rééd., 2006.

⁷⁵ ELLENBERGER Henri F., *Histoire de la découverte de l'inconscient*, Fayard, Paris, 2008, p. 455.

⁷⁶ FREUD Sigmund, *Abrégé de psychanalyse* (1938), *op.cit.* p. 52.

se réfèrent à la répartition d'énergie dans le système nerveux et aux mouvements des neurones à rapprocher de la mécanique des corps solides⁷⁷.

Contrairement à nombre de psychanalystes qui relativisent la position scientifique positive de Freud, la considérant comme une concession à l'air du temps, on observe donc au contraire une nette orientation en faveur des thèses matérialistes et positivistes du XIXe siècle.

Si Marx prétend pouvoir prévoir le cours de l'histoire par la connaissance précise des causes sociales, Freud, lui, part des effets pour remonter sûrement à l'étiologie des psychopathologies : « Vous remarquerez déjà que le psychanalyste se distingue par sa foi dans le déterminisme de la vie psychique. Celle-ci n'a, à ses yeux, rien d'arbitraire ni de fortuit ; il imagine une cause particulière là où, d'habitude, on n'a pas l'idée d'en supposer⁷⁸ ». On l'aura compris, Marx comme Freud inscrivent résolument leur recherche au sein de la science du XIXe siècle, une science gouvernée par le déterminisme. Ce dernier fonde la rationalité scientifique et se trouve être le garant de l'exactitude des prédictions comme de l'identification des causes. Ce sont ces prétentions prédictives et étiologiques qui s'appuieraient sur l'explication causale qui sont dénoncées par Popper comme totalement abusives et infondées. Il ne suffit pas en effet, d'affirmer un déterminisme causal pour que celui-ci existe *de facto*. L'explication d'un événement descriptible par un lien causal avec une loi universelle qui le subsume, sorte de règle selon Popper qui doit guider tout praticien de la recherche scientifique⁷⁹, ne peut être justifiée par un ensemble de vérifications, aussi nombreuses soient-elles. C'est pourquoi le critère de démarcation, parce qu'il est l'unique moyen logiquement valide de confronter la théorie à l'expérience, est le seul à même, non pas de pouvoir accepter la théorie pour toujours, mais de

⁷⁷ HABERMAS Jürgen, *Connaissance et intérêt* (1968), traduit de l'allemand par Gérard Cléménçon, postface traduite par Jean-Marie Brohm, Paris, Gallimard, 1979, p. 280.

⁷⁸ FREUD Sigmund, *Cinq leçons de psychanalyse* (1909), traduction de l'Allemand par Yves Le Lay, 1921, Paris, Éditions Payot, 1965.

⁷⁹ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p.59.

s'assurer qu'elle n'est pas fausse et par là, selon Popper, de s'assurer de la scientificité du lien causal.

Donnons rendez-vous à la scientificité réelle ou prétendue du marxisme et de la psychanalyse (partie II), et attachons-nous maintenant à dégager les caractéristiques et les enjeux du critère de démarcation poppérien, par le biais de l'opposition entre potentialité et effectivité, opposition problématique que nous avons entrevue dans l'introduction.

2. Réfutabilité versus réfutation

« Quand une science n'est-elle pas une science ?⁸⁰ ». Dès ses premiers travaux, Popper associe le critère de démarcation à la réfutabilité (falsifiabilité). Dans le résumé de 1932 qui constitue l'appendice de *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1931-32), il écrit : « On peut adopter comme critère de démarcation, à la place du dogme du sens et de ses pseudo-problèmes, le critère de falsifiabilité (c'est-à-dire d'une décidabilité au moins unilatérale) (...)»⁸¹ ». La section 6 de *La logique de la découverte scientifique* (1934) s'intitule : « Un critère de démarcation : la falsifiabilité ». Le texte de la partie précise bien « que c'est la falsifiabilité et non la vérifiabilité d'un système, qu'il faut prendre comme critère de démarcation⁸² ». Pourtant, une personne désirent s'initier à la philosophie de Popper et se rendant sur le site anglophone de Wikipédia, pourrait lire à l'article « *falsifiability* » la définition suivante : « Popper utilise la réfutation comme critère de démarcation pour tracer une ligne nette entre les théories qui sont scientifiques et celles qui ne le sont pas⁸³ ». N'y aurait-il pas de différence entre réfutation et réfutabilité ou bien la réfutabilité est-elle autre chose que la

⁸⁰ POPPER Karl R., *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1931-32), trad. de Christian Bonnet, Paris, Hermann, 1999, p. 440.

⁸¹ POPPER Karl R., *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1931-32), *op.cit.*, p. 445.

⁸² POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p. 37.

⁸³ ("Popper uses falsification as a criterion of demarcation to draw a sharp line between those theories that are scientific and those that are unscientific", <http://en.wikipedia.org>, je traduis).

réfutation ? Comment, alors qu'il suffit d'ouvrir *La logique de la découverte scientifique*, certes aux bonnes pages, un tel décalage, au moins de vocabulaire, peut-il apparaître ? On rétorquera que l'encyclopédie libre en ligne n'est peut-être pas une référence philosophique rigoureuse ou même que la différence n'est pas significative. Il nous semble que, au contraire, cette différence traduit un problème philosophique beaucoup plus important. Avant de le préciser, il est intéressant de faire une petite enquête pour voir ce qu'en disent les philosophes lecteurs et critiques de Popper et qui se trouvent être, en quelque sorte, experts de la question. Le tableau 1 présente la définition du critère de démarcation tel que le comprend un peu plus d'une vingtaine de philosophes et non des moindres (dont la grosse moitié est francophone), qui se sont penchés sur la question. Nous avons recherché, dans la mesure du possible, à ce que le critère apparaisse bien en liaison avec la démarcation entre science et non science, cela afin d'avoir d'avantage de certitude quant à la pensée réelle du philosophe et éviter un certain effet mécanique vis-à-vis de la réfutabilité. Il ne s'agit pas ici de discuter en détail chacune de ces positions pour savoir qui aurait tort ou raison, mais d'extraire de cette étude quelques indications générales, sachant qu'une phrase tirée de son contexte ne reflète pas toujours la pensée de son auteur. En dehors de la définition du *Vocabulaire technique et analytique de l'épistémologie* de Robert Nadeau qui reprend textuellement la Lettre de Popper à *Erkenntnis* (sans y faire référence), on peut classer la définition du critère de démarcation par ces auteurs, *grosso modo* en trois groupes et sous-groupes. L'étude n'étant pas exhaustive, les proportions indiquées sont uniquement indicatives et ne fournissent donc pas de renseignements absolus.

Le premier (groupe A) entend le critère de démarcation comme un conflit réel, disons matériel pour lever toute ambiguïté, entre l'énoncé falsificateur et la théorie : c'est ce que Popper

appelle la réfutation⁸⁴ (falsification). Ce dernier utilise parfois les pléonasmes « falsification empirique⁸⁵ » ou même « falsification expérimentale⁸⁶ » pour bien signifier l'acte nécessaire de l'expérience. Comme nous le montrerons tout au long de cette partie, la réfutation empirique n'est pas le critère de démarcation retenu *in fine* par Popper. Ce premier groupe comprend presque la moitié des auteurs. Curieusement de grandes signatures sont présentes. Le fait d'y retrouver des philosophes tels que Alain Boyer, Imre Lakatos ou David Miller qui sont (ou ont été) des poppériens convaincus et qui se sont longuement penchés (ou qui se penchent encore) sur l'œuvre de Popper, interroge. Sans se soumettre aveuglement à l'*auctoritas principis*, l'on ne peut, pour autant, se contenter de balayer d'un revers de main leur approche prétextant une lecture superficielle des œuvres de leur mentor. La convergence de vues, pourtant opposées, selon nous, à l'orthodoxie poppérienne, issues de dizaines d'années de recherche, doit pouvoir se comprendre. Plusieurs explications sont possibles, mais nous proposons l'hypothèse, philosophiquement la plus intéressante, que ce n'est pas leur seule lecture de Popper qui doit être mise en défaut et que, dans le cadre philosophique où ils se sont placés, ce choix de la réfutation empirique est un choix nécessaire, c'est dire que c'est un choix qu'ils ne pouvaient pas ne pas faire.

Le second groupe (groupe B) comprend les auteurs associant le critère de démarcation, à la potentialité, à la virtualité des systèmes théoriques vis-à-vis de l'acte pratique de la réfutation. Cependant si le conflit est généralement bien compris comme une possibilité future, la réfutation étant « en principe », une certaine ambiguïté subsiste sur la nécessité effective de la réfutation

⁸⁴ La réfutation se définit comme l'action de réfuter, c'est-à-dire littéralement, l'action qui permet de démontrer la fausseté d'une affirmation. Le conflit matériel consiste donc à exposer la théorie à une réfutation par un énoncé de base « falsificateur ». C'est ainsi qu'est comprise la notion de réfutation pour l'ensemble de la thèse.

⁸⁵ Par exemple, dans POPPER Karl R., *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1931-32), *op.cit.*, p. 450.

⁸⁶ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p. 108.

empirique comme réquisit permettant de statuer sur la nature scientifique ou non d'un énoncé ou d'une théorie. Pour quelques auteurs, comme Gilles-Gaston Granger « l'on ne suppose qu'une possibilité de concevoir des situations empiriques de réfutation, et non pas nécessairement leur réalisation concrète⁸⁷ ». La réfutation empirique est donc ici comprise *de facto* comme étant extérieure au critère de démarcation, comme une éventualité qui n'est en rien une condition *sine qua non* de la scientificité. Ce faisant, et ce point est fondamental, elle en est donc exclue. Ce sous-groupe (B1), qui correspond à notre lecture de Popper, est très peu représenté (quatre auteurs sur vingt-cinq) comparativement au sous-groupe (B2) pour lequel l'absence de nécessité du réquisit matériel n'est pas nettement précisée. La position des auteurs de ce troisième groupe se trouve être en effet assez ambiguë car l'interprétation que l'on peut donner à la façon dont ils présentent le critère de démarcation poppérien est sujette à caution. Leur définition du critère de démarcation s'appuie souvent sur le verbe pouvoir ou sur la notion de susceptibilité (dont il est vrai que Popper est le premier à user et abuser), et ceux-ci par leur polysémie entretiennent le doute sur la nécessité empirique, un doute pas toujours levé par les explications fournies par les auteurs. Soit par exemple la définition donnée par Angèle Kremer-Marietti et Jean Dhombres dans *L'épistémologie : état des lieux et positions* :

« Popper se réfère au critère de falsifiabilité, selon lequel une théorie scientifique est réfutable : ce qui veut dire qu'un énoncé peut être testé au moyen d'expériences toujours de plus en plus rigoureuses. Il s'agit pour Popper d'un critère distinctif de ce qu'est une "science"⁸⁸ ».

Pouvoir est susceptible d'être compris ici comme une possibilité matérielle, mais aussi comme une faculté potentielle, une éventualité sans que l'on sache si la réfutation empirique est requise réellement. Dans tous les cas le verbe pouvoir possède un effet d'atténuation et introduit une nuance de réserve ou de doute qui pèse fortement sur le sens de la phrase. De plus ici apparaît

⁸⁷ GRANGER Gilles-Gaston *La science et les sciences* (1993), Paris, PUF Que sais-je ? 1995, p. 79.

⁸⁸ KREMER-MARIETTI Angèle et DHOMBRES Jean, *L'épistémologie : état des lieux et positions*, Paris, ellipses 2006, p. 45.

l'adjectif réfutable qui peut être associé indistinctement à la réfutabilité (falsifiabilité) ou à la réfutation (falsification), ce qui entretient l'ambiguïté. La confusion est à son paroxysme lorsque certains auteurs font un mixe original des concepts poppériens : André Verdan parle de « *falsifiabilité empirique*⁸⁹ ». Ce groupe, *incertae cedis*, comprend une partie importante des auteurs, c'est-à-dire presque la moitié.

Certes, la compréhension de la pensée d'un auteur doit se rechercher en premier lieu dans ses propres textes, ce que nous ne manquerons pas de faire, mais cette pluralité d'approche du critère élaboré par Popper est assez significative de la complexité du problème. Nous avons d'un côté une position résolument matérielle dont le porte-drapeau pourrait être tenu par Alain Boyer qui indique sans ambages qu'« il est à peine nécessaire de préciser qu'il ne suffit pas qu'un énoncé soit testable pour être accepté, même momentanément, dans le corps des énoncés scientifiques : il faut aussi, bien entendu qu'il soit testé et qu'il résiste à ces tests (...) »⁹⁰, et de l'autre celle défendue âprement par Carlos Garcia pour lequel le critère est défini comme une pure potentialité abstraite : « le critère n'impose pas l'exigence que ces systèmes (pris dans leur ensemble) ou les énoncés les composant (pris en particuliers) soient en fait réfutés, mais seulement qu'ils aient la caractéristique de la réfutabilité⁹¹ ». La majorité des philosophes se situe entre ces deux positions, ils entretiennent, plus ou moins consciemment un certain flou autour du critère de démarcation, tirillés d'une part par le respect des textes de Popper qui, il faut bien

⁸⁹ VERDANT André, *Karl Popper ou la connaissance sans certitude*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 1991, p. 21. Signalons qu'à notre connaissance Popper n'utilise qu'une fois l'association entre les deux termes falsifiabilité et empirique, c'est dans l'Introduction de 1978 de *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1932), trad. de Christian Bonnet, Paris, Hermann, 1999, p. 16. Concernant son usage par André Verdan, cette expression provient de sa propre initiative car il ne semble pas avoir étudié le livre précité (il n'est pas référencé ni dans la bibliographie, ni dans le corps du texte).

⁹⁰ BOYER Alain, *Introduction à la lecture de Karl Popper*, Paris, Presses de l'Ecole Normale Supérieure, 1994, p. 19.

⁹¹ ("The criterion does not impose the requirement that these systems (taken as a whole) or their component statements (taken particularly) be in fact falsified, but only that they have the feature of falsifiability", je traduis), GARCIA E. Carlos, *Popper's Theory of Science : An Apologia* (1988), Continuum Studies in Philosophy, 2006, p. 44.

l'avouer, entretiennent par moment le doute (notamment à cause de la polysémie de certains termes), et le besoin de se rattacher aux données empiriques que l'on appelle le concret.

Auteurs	Définitions du critère de démarcation poppérien
ACKERMANN Robert J.	« Cette capacité de falsification décisive a été prise par Popper pour être la marque des véritables théories scientifiques par opposition aux théories pseudo-scientifiques ou de sens commun ⁹² ». A
BOUVERESSE Renée	« Une théorie ne peut être considérée comme scientifique que si elle fait des assertions qui peuvent être en discordance avec les observations, que si donc elle peut être falsifiée empiriquement ⁹³ ». B2
BARBEROUSSE Anouk, KISTLER Max, LUDWIG Pascal	« Popper propose de fonder la démarcation sur le critère de falsifiabilité : une hypothèse ou théorie est scientifique dans la mesure où elle est falsifiable par l'expérience, c'est-à-dire qu'elle est susceptible d'être réfutée ⁹⁴ ». B2
BOYER Alain	« Il est à peine nécessaire de préciser qu'il ne suffit pas qu'un énoncé soit testable pour être accepté, même momentanément, dans le corps des énoncés scientifiques : il faut aussi, bien entendu qu'il soit testé et qu'il résiste à ces tests (...) ⁹⁵ ». A
CHALMERS Alan F.	« Une hypothèse est falsifiable si la logique autorise l'existence d'un énoncé ou d'une série d'énoncés d'observation qui lui sont contradictoires, c'est-à-dire, qui la falsifieraient s'ils se révélaient vrais ». (...) « Le falsificationniste exige que les hypothèses scientifiques soient falsifiables, au sens que j'ai indiqué ⁹⁶ ». B2
DHOMBRES Jean, KREMER-MARIETTI Angèle	« Popper se réfère au critère de falsifiabilité, selon lequel une théorie scientifique est réfutable : ce qui veut dire qu'un énoncé peut être testé au moyen d'expériences toujours de plus en plus rigoureuses. Il s'agit pour Popper d'un critère distinctif de ce qu'est une "science" ⁹⁷ ». B2
GARCIA Carlos E.	« (...) La notion [de réfutabilité] est introduite et définie comme une potentialité, une propriété dont les systèmes théoriques doivent avoir, pour être considérés comme faisant partie de la science empirique. Le critère n'impose pas l'exigence que ces systèmes (pris dans leur ensemble) ou les énoncés les composant (pris en particuliers) soient en fait réfutés, mais seulement qu'ils aient la caractéristique de la réfutabilité ; c'est-à-dire qu'ils pourraient, en principe, contredire le monde possible de l'expérience. Un tel conflit, d'autre part, n'est ni attendu ni requis, il suffit qu'il soit concevable comme une possibilité future ⁹⁸ ». B1

⁹² ("This capacity for decisive falsification was taken by Popper to be the hallmark of genuine scientific theories as opposed to pseudo-scientific or common-sense theories"-Je traduis-). *The philosophy of Karl Popper*, University of Massachusetts Press, Amherst, 1976, p. 16.

⁹³ *Karl Popper ou le rationalisme critique*, Paris, Vrin, 1998, p. 49.

⁹⁴ *La philosophie des sciences au XXe siècle*, Champs Université, Flammarion 2000, p. 276.

⁹⁵ *Introduction à la lecture de Karl Popper*, Paris, Presses de l'Ecole Normale Supérieure, 1994, p. 19.

⁹⁶ *Qu'est-ce que la science ?* (1976), traduit de l'anglais par Michel Biezunski, biblio essais, Le Livre de Poche, 1990, p. 76 et 77.

⁹⁷ *L'épistémologie : état des lieux et positions*, Paris, ellipses 2006, p. 45.

⁹⁸ ("The notion is introduced and defined as a potentiality, a property that theoretical systems must have if they are to be considered as part of empirical science. The criterion does not impose the requirement that these systems (taken as a whole) or their component statements (taken particularly) be in fact falsified, but only that they have the feature of falsifiability; that is, that they might, in principle, contradict the possible world of experience. Such a

GRANGER Gilles-Gaston	« Un énoncé en tant qu'énoncé d'une science empirique "doit pouvoir être réfuté par l'expérience" (...). Notons toutefois que l'on ne suppose qu'une possibilité de concevoir des situations empiriques de réfutation, et non pas nécessairement leur réalisation concrète ⁹⁹ ». B1
KEUTH Herbert	« Popper propose un <i>critère de démarcation entre la science empirique et la métaphysique</i> , selon lequel <i>les énoncés synthétiques, et seulement ceux-ci, sont considérés comme empiriquement scientifiques s'ils sont empiriquement falsifiables</i> ¹⁰⁰ ». A
KNEALE William C.	« [Popper] caractérise une science empirique comme un système de propositions ouvert à la réfutation par l'expérience ¹⁰¹ ». B2
KUHN Thomas S.	« La démarcation pourrait, enfin, être réalisée par un critère exclusivement syntactique. Le point de vue de Sir Karl serait alors, et est peut-être: une théorie est scientifique si et seulement si des <i>énoncés d'observation</i> - en particulier les négations des énoncés existentiels singuliers - peuvent en être logiquement déduits, peut-être en conjonction avec des connaissances d'arrière-plan données ¹⁰² ». B1
LADRIERE Jean	« Une proposition a un caractère scientifique (au sens des sciences non formelles) si et seulement si elle est empiriquement éprouvable, c'est-à-dire si et seulement si elle est réfutable par des tests empiriques ¹⁰³ ». A
LAKATOS Imre	Falsificationnisme dogmatique : « Seules sont "scientifiques" les théories qui proscrivent certains états observables des choses et qui sont par conséquent réfutables factuellement. Autrement dit, <i>une théorie est "scientifique" si elle possède une base empirique</i> ». A Falsificationnisme méthodologique naïf : « Seules sont "scientifiques" les théories – c'est-à-dire, les propositions qui ne sont pas des "produits d'observation" – qui proscrivent certains états de choses "observables" et peuvent donc être "falsifiées" et rejetées : ou, pour faire bref, <i>une théorie est "scientifique" (ou "acceptable") si elle a une base "empirique"</i> ». B2 Falsificationnisme méthodologique sophistiqué : « Une théorie n'est "acceptable" ou "scientifique" que si elle surpasse la théorie précédente (ou rivale) par son contenu empirique corroboré, c'est-à-dire seulement si elle conduit à découvrir des faits inédits ¹⁰⁴ ». A

clash, on the other hand, is neither expected nor required; it suffices with its being conceivable as a future possibility"-Je traduis-), GARCIA E. Carlos, Popper's Theory of Science : An Apologia (1988), Continuum Studies in Philosophy, 2006, p. 44.

⁹⁹ *La science et les sciences* (1993), Paris, PUF Que sais-je ? 1995, p. 79.

¹⁰⁰ ("Popper proposes a criterion of demarcation between empirical science and metaphysics, according to which those, and only those, synthetic statements are considered to be empirically scientific that are empirically falsifiable, (...)") -Je traduis-). *The Philosophy of Karl Popper* (2000), English translation, Cambridge University Press, 2005, p. 31.

¹⁰¹ ("[Popper]characterized an empirical science as a system of propositions open to refutation by experience"-Je traduis-), « The demarcation of science » in *The Philosophy of Karl Popper*, The Library of Living Philosophers, edited by Paul Arthur Schilpp, 1974, p. 206.

¹⁰² ("Sir Karl's view would then be, and perhaps is: a theory is scientific if and only if observation statements-particularly the negations of singular existential statements-can be logically deduced from it, perhaps in conjunction with stated background knowledge"-Je traduis-). KUHN Thomas S., "Logic and psychology of discovery" in *The Philosophy of Karl Popper*, The Library of Living Philosophers, edited by Paul Arthur Schilpp, 1974, p. 206.

p. 809.

¹⁰³ "Le problème de la démarcation entre science et philosophie", in *Karl Popper et la science d'aujourd'hui*, Colloque de Cerisy, Aubier, 1989, p. 23.

¹⁰⁴ *Histoire et méthodologie des sciences* (1978), trad. fr. Paris, PUF, 1996, pp. 11, 27, 38.

LECOURT Dominique	« On dira d'une théorie scientifique qu'elle est scientifique lorsque de l'ensemble cohérent de propositions qui la constituent on peut déduire au moins un énoncé singulier désignant une épreuve empirique qui pourrait la réfuter ¹⁰⁵ ». B2
MAGEE Bryan	« <i>La falsifiabilité est le critère de démarcation entre science et non science. Le point central est que si tous les états possibles des évènements s'inscrivent dans une théorie, alors aucun état actuel des choses, aucune observation, aucun résultat d'expérimentation, ne peut être revendiqué comme preuve à l'appui pour elle. Il n'y a aucune différence observable entre sa vérité et sa fausseté. Ainsi, elle ne comporte pas d'information scientifique. Ce n'est que si une observation imaginable la réfute qu'elle est testable. Et seulement si elle est testable qu'elle est scientifique</i> ¹⁰⁶ ». B2
MALHERBE Jean-François	« Karl Popper propose de caractériser les hypothèses scientifiques et les théories des sciences empiriques, par leur capacité à se soumettre à des tests expérimentaux. Son critère de démarcation consiste à exiger de tout énoncé scientifique qu'il soit falsifiable à l'aide de tels tests ¹⁰⁷ ». A
MAXWELL Grover	« (...) Le <i>critère de démarcation</i> utilise la falsifiabilité comme base de séparation des propositions "scientifiques" (ou "empiriques") des "non scientifiques" (ou métaphysiques) (...) ». « (...) Le <i>critère de démarcation, i.e., la falsification déductive par les énoncés de base</i> ¹⁰⁸ ». A
MILLER David	« Nous ne pouvons pas soumettre à un examen empirique utile une hypothèse qui ne peut être réfutée par des preuves empiriques. C'est le critère de falsifiabilité de Popper, le critère de démarcation entre science et non science. Seules les hypothèses qui sont empiriquement réfutables, ou empiriquement falsifiables, peuvent être considérées comme scientifiques ¹⁰⁹ ». A
NADEAU Robert	« Les énoncés ou systèmes d'énoncés communiquent une information relative au monde empirique dans la seule mesure où ils sont capables d'entrer en conflit avec l'expérience ou, plus précisément, dans la seule mesure où ils peuvent être soumis à des tests systématiques, c'est-à-dire à des tests qui conformément à une décision méthodologique, qui pourraient avoir pour résultat leur réfutation ¹¹⁰ ». B2
PIMBÉ Daniel	« Le critère de démarcation des sciences empiriques, c'est seulement la capacité qu'ont leurs énoncés d'être falsifiés le cas échéant, ce n'est rien de plus ¹¹¹ ». B1

¹⁰⁵ *La philosophie des sciences* (2001), Paris, PUF Que sais-je ? 2006, p. 71.

¹⁰⁶ «(Falsifiability is the criterion of demarcation between science and non-science. The central point is that if all possible states of affairs fit in with a theory then no actual state of affairs, no observations, no experimental results, can be claimed as supporting evidence for it. There is no observable difference between its being true and its being false. So it conveys no scientific information. Only if some imaginable observation would refute it is it testable. And only if it is testable is it scientific"-je traduis-). MAGEE Bryan, *Philosophy and the Real World*, an Introduction to Karl Popper (1973), Open court, La Salle, Illinois, 1994, p. 41.

¹⁰⁷ *La philosophie de Karl Popper et le positivisme logique*, PUF, 1976, p. 93.

¹⁰⁸ « (...) the criterion of demarcation uses falsifiability as a basis for separating "scientific" » (or "empirical") propositions from "nonscientific" (or "metaphysical") ones (...). (...) the criterion of demarcation, i.e., deductive falsification by basic statements »-Je traduis-). "Corroboration without demarcation" in *The Philosophy of Karl Popper*, The Library of Living Philosophers, edited by Paul Arthur Schilpp, 1974, p. 292 et 300.

¹⁰⁹ «We cannot subject to any useful empirical investigation a hypothesis that cannot be refuted by any empirical evidence. This is Popper's criterion of falsifiability, the criterion of demarcation between science and non-science. Only those hypotheses that are empirically refutable, or empirically falsifiable, can count as scientific" in « The Objectives of Science » in *Karl Popper, un philosophe dans le siècle, Philosophia Scientiae*, Editions KIMÉ, Vol. 11, Cahier 1, 2007, p. 27.

¹¹⁰ *Vocabulaire technique et analytique de l'épistémologie*, Paris, PUF, 1999, p. 126.

¹¹¹ *L'explication interdite, Essai sur la théorie de la connaissance de Karl Popper*, Paris, L'Harmattan, 2009.

ROSENBERG Alexander	« Une proposition est scientifique si et seulement si elle est réfutable. C'est le critère ou principe de réfutabilité. La réfutabilité doit être évidemment distinguée de la fausseté. Pour réfuter une proposition, c'est à dire montrer qu'elle est fausse, il suffit d'en déduire une certaine implication qui n'est en fait pas corroborée par l'observation ou l'expérience. Pour qu'une proposition soit réfutable il doit être logiquement possible de le faire et non pas réellement ou physiquement ¹¹² ». B1
SOLER Léna	« Une théorie empirique est scientifique si elle est <i>falsifiable</i> , c'est-à-dire susceptible d'être <i>réfutée</i> par l'expérience ¹¹³ ». B2
SOULEZ Antonia	« Le critère poppérien de la démarcation [oppose] la “falsification” (ou réfutation par les tests) à la “vérification” ¹¹⁴ ». A
VERDAN André	« Pour Popper, on le sait, ce qui distingue une science digne de ce nom d'une pseudo-science, c'est sa capacité d'être falsifiée, c'est-à-dire son aptitude à être soumise à des tests négatifs, observations ou expérience, propres à en manifester la fausseté éventuelle ou du moins l'inexactitude, la vérification intégrale étant de toute façon illusoire ¹¹⁵ ». B2
ZAHAR Elie	« Toute proposition à la fois non contradictoire et empiriquement réfutable doit être regardée comme scientifique ¹¹⁶ ». « Si, par contre, il lui arrivait de périr à la suite de son premier test, son hypothèse devrait de toute façon être qualifiée de scientifique, puisqu'elle aurait été réfutée (...)» ¹¹⁷ ». B2

Tableau 1 : Le critère de démarcation poppérien selon quelques critiques

Evacuons d'entrée la possibilité qu'il s'agisse d'un pseudo-problème de vocabulaire qui serait sous-tendu par une absence de différence signifiante entre réfutabilité et réfutation. Dans l'Introduction de 1982 du *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique, le réalisme et la science*, introduction à laquelle nous aurons l'occasion de nous référer à plusieurs reprises, Popper précise qu'« il est patent que les suffixes “-able” et “-abilité” sont utilisés de manière

¹¹² (“A proposition is scientific if and only if it is falsifiable. This is the criterion or principle of falsifiability. Falsifiability must be distinguished from falsity, of course. To falsify a proposition, that is, to show it is false, it is sufficient to infer from it some implication that is in fact not borne out by observation or experiment. For a proposition to be falsifiable it must only be logically possible to do this, not actually, physically possible” – je traduis -). ROSENBERG Alexander, *The structure of Biological Science*, Cambridge, Cambridge University Press, 1985, p. 6.

¹¹³ *Introduction à l'épistémologie*, Paris, Ellipses, 2000, p. 91.

¹¹⁴ “Le problème de la démarcation de la métaphysique et de la science dans le débat de Popper avec Carnap : La “clarté critique” face à la précision dans les mots” in *Karl Popper et la science d'aujourd'hui, Colloque de Cerisy*, Aubier, 1989, p. 164.

¹¹⁵ *Karl Popper ou la connaissance sans certitude*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 1991, p. 32.

¹¹⁶ *Essai d'épistémologie réaliste*, Paris, Vrin, 2002, p. 13.

¹¹⁷ *Ibid.*, p. 60.

assez différente dans chacun des deux cas¹¹⁸ ». Ce rappel renvoie à une remarque de la *Logique de la découverte scientifique* : « nous devons nettement distinguer falsifiabilité et falsification¹¹⁹ ». On perçoit donc, comme cela sera détaillé par la suite, que les termes de réfutabilité et de réfutation ne sont pas interchangeables et que le choix qui est porté sur le critère de démarcation engage un choix épistémologique et plus généralement philosophique qui nous semble de la plus haute importance. En effet, choisir le critère de démarcation comme réfutabilité potentielle ou comme réfutation empirique effective, c'est faire référence à des domaines bien bornés de la philosophie, domaines qui s'opposent et ont traversé l'histoire de la philosophie occidentale et nous ramènent à la fameuse distinction aristotélicienne entre *dunamis* et *energeia*. Dans la multiplicité selon laquelle l'être peut se décliner, Aristote affirme qu'il peut se dire selon la puissance et l'acte¹²⁰. Il s'opposait ainsi aux Mégariques qui prétendaient « que l'on n'a de puissance absolument qu'au moment où l'on agit ; et que là où l'on n'agit pas, on n'a pas non plus de puissance. (...) Celui qui ne construit pas ne peut pas construire, mais celui qui construit est le seul qui ait la puissance de construire, au moment où il construit¹²¹ ». L'on perçoit combien ce dilemme est toujours d'actualité dans la problématique poppérienne du critère de démarcation. Il se prolonge dans l'opposition scolastique entre *potentia* (qui se détache de *potestas* « pouvoir ») et *agere*¹²², entre la puissance du discours qui crée la potentialité et l'action comme réalisation de cette même potentialité. Un discours comme faculté de penser qui s'arroge justement le droit de penser la science dans sa relation potentielle au monde de l'expérience, qui s'en approche au plus près, mais qui refuserait toujours de passer à l'acte, et donc une parole qui demeure dans

¹¹⁸ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1956), trad. d'Alain Boyer et Daniel Andler, Paris, Hermann, 1982, 1990, p. 4.

¹¹⁹ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p. 85.

¹²⁰ ARISTOTE, *Physique*, Livre III, trad. de Pierre Pellegrin, GF Flammarion, 2002.

¹²¹ ARISTOTE, *Métaphysique*, IX, 3, 1046b29-32, trad. de J. Barthélémy-Saint-Hilaire, Paris, Librairie Germain-Baillière 1879.

¹²² Nous le préférons au terme grec de *praxis* qui désigne chez Aristote l'action dont la fin est interne (contrairement à la *poiesis*) et donc comprenant notamment la pensée.

l'apparence des choses sans jamais devenir réalité et que Démocrite accusait de n'être que la pâle ombre¹²³ de l'acte.

Si, selon Popper, « la première tâche de la logique de la connaissance est de fournir un concept de science empirique¹²⁴ » comment l'articuler avec l'exigence de « l'expérience comme méthode¹²⁵ » ? L'expérience étant méthode, c'est donc elle qui montrerait le chemin (*hodos*) qui mène au concept de science empirique (*meta-hodos*), c'est-à-dire au critère de démarcation. Cependant, une expérience qui n'est jamais réalisée effectivement, car éternellement potentielle, garde-t-elle son rôle de guide conceptuel ? En d'autres termes, comment concilier une approche définitionnelle abstraite de la science empirique avec une factualité nécessairement liée à l'expérience ? Telle est la question fondamentale à laquelle ont pu être confrontés les critiques de Popper et qui servira de ligne directrice à cette première partie. Pour tenter de répondre à cette question, nous nous pencherons, à notre tour, sur les écrits de Popper afin de dégager le rapport qu'entretient le couple réfutabilité-réfutation avec la démarcation. On cherchera à comprendre les fonctions que Popper a voulu attribuer aux deux acteurs de ce couple infernal ; pourquoi la réfutabilité, pourquoi la réfutation, pour quels enjeux épistémologiques ? Il s'agira donc, tout d'abord, d'étudier la perception du critère de démarcation par l'auteur au cours de ses soixante-dix années de philosophie. L'étude de ce cheminement devrait permettre de mieux le cerner et de mettre au jour les interrogations et les difficultés qu'il suscite. Après avoir justifié notre positionnement faisant de la réfutabilité le critère de démarcation, nous nous interrogerons sur l'importance épistémologique de la dissociation opérée ainsi que sur les relations réciproques qu'entretiennent la réfutabilité et la réfutation. La solution à notre problème se trouvera, peut-

¹²³ DEMOCRITE, B 145, in J.-P. Dumont (éd.), *Les présocratiques*, Paris, La Pléiade, 1988.

¹²⁴ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p. 35.

¹²⁵ *Ibid.*

être, dans l'étude de la façon dont Popper conçoit l'empiricité d'une théorie et son évolution de *potentia à agere*.

Il y a plusieurs façons de présenter le critère de démarcation de Popper. Comme nous l'avons souligné, le plus souvent les critiques en font une présentation synthétique correspondant à une reformulation à partir de quelques termes fondamentaux. Parfois ils s'appuient sur un extrait de l'œuvre de Popper, extrait qui est souvent, mais pas toujours, issu de *La logique de la découverte scientifique*. Popper ayant écrit pendant plus d'un demi-siècle, présenter un et un seul extrait, a l'avantage de sélectionner le passage le plus approprié à ce que l'on veut mettre en avant, donc significatif de la façon dont on perçoit ledit critère. Une étude qui se veut être d'une certaine impartialité doit, au risque d'apporter une certaine confusion initiale, présenter un panel suffisamment large de la pensée de l'auteur afin d'en cerner les points communs, ce que d'aucuns nommeraient l'essence, mais aussi les différences et l'évolution s'il y a lieu.

3. Le critère de démarcation poppérien : contexte d'intention et contexte historique

Le tableau 2 présente des extraits des œuvres de Popper relatifs au problème de la démarcation. Si pour la majorité des extraits on retrouve une certaine unité dans la définition du critère de démarcation, une lecture attentive met en évidence des différences qui ne sont peut-être pas anodines. Cependant il est nécessaire de tenir compte des contextes. Tout d'abord reconnaissons, sans nous soucier pour l'instant du contexte historique qui relèvera d'une approche chronologique, qu'un auteur peut avoir différentes intentions quand il choisit d'écrire sur un concept, *a fortiori* quand il en est le géniteur.

Ouvrages	Définitions du critère de démarcation
<p><i>Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance</i> Résumé de (1932), p. 445, et nouvelle version de la section 48, note 10, p. 341 (1933).</p>	<p>« On peut adopter comme critère de démarcation, à la place du dogme du sens et de ses pseudo-problèmes, le critère de falsifiabilité (c'est-à-dire d'une décidabilité au moins unilatérale) : seuls disent quelque chose sur la réalité empirique les énoncés qui peuvent être mis en échec par elle, c'est-à-dire les énoncés dont on peut dire à quelles conditions ils doivent être considérés comme empiriques ».</p> <p>« Le critère de démarcation est formulé : une proposition ne constitue un <i>énoncé empirique portant sur la réalité</i> que s'il est <i>empiriquement falsifiable</i>, c'est-à-dire s'il peut entrer en conflit avec l'expérience ».</p>
<p>« Lettre à <i>Erkenntnis</i>¹²⁶ » (1933)</p>	<p>« Les énoncés, ou systèmes d'énoncés communiquent une information relative au monde empirique dans la seule mesure où ils sont capables d'entrer en conflit avec l'expérience ou, plus précisément, dans la seule mesure où ils peuvent être soumis à des tests systématiques, c'est-à-dire, où ils peuvent être soumis (conformément à une décision méthodologique) à des tests qui pourraient avoir pour résultat leur falsification ».</p>
<p><i>La logique de la découverte scientifique</i> (1934), p. 37, p. 46, p. 84.</p>	<p>« J'admettrai certainement qu'un système n'est empirique ou scientifique que s'il est susceptible d'être soumis à des tests expérimentaux (...). Je n'exigerai pas d'un système scientifique qu'il puisse être choisi, une fois pour toutes, dans une acceptation positive mais j'exigerai que sa forme logique soit telle qu'il puisse être distingué, au moyen de tests empiriques, dans une acceptation négative : <i>un système faisant partie de la science empirique doit pouvoir être réfuté par l'expérience</i> ».</p> <p>« La décision, proposée ici, de fixer des règles appropriées à ce que j'appelle la méthode empirique est étroitement liée à mon critère de démarcation : je propose d'adopter un type de règles qui assurera aux énoncés scientifiques la possibilité d'être soumis à des tests, c'est-à-dire la falsifiabilité ».</p> <p>« L'on qualifie une théorie d'"empirique" ou de "falsifiable" si elle divise, de manière précise, la classe de tous les énoncés de base en deux sous-classes non vides : celles de tous les énoncés de base avec lesquels elle est en contradiction (ou qu'elle exclut ou défend) et que nous appelons la classe des falsificateurs virtuels de la théorie et celle des énoncés de base avec lesquels elle n'est pas en contradiction (ou qu'elle "permet"). Nous pouvons poser ceci plus brièvement en disant qu'une théorie est falsifiable si la classe de ses falsificateurs virtuels n'est pas vide ».</p>
<p><i>Misère de l'historicisme</i> (1956) pp. 166-167. - paru sous forme d'articles en 1944 et 1945 -</p>	<p>« Ce qui est important, c'est se rendre compte qu'en science nous avons toujours affaire à des explications, des prédictions et des tests, et que la méthode selon laquelle on teste les hypothèses est dans l'ensemble invariable. A partir de l'hypothèse à tester – par exemple une loi universelle - (...), nous déduisons une prévision. Puis nous confrontons cette prévision, toutes les fois que cela est possible, avec les résultats des observations expérimentales ou autres. On considère que l'accord corrobore l'hypothèse, sans être une preuve définitive ; et qu'un désaccord manifeste une réfutation ou une falsification ».</p>
<p><i>Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique</i> (1963), pp. 64, 65 et 68 -discours de 1953, publié en 1957¹²⁷-</p>	<p>« 4) Une théorie qui n'est réfutable par aucun événement qui se puisse concevoir est dépourvue de caractère scientifique. Pour les théories, l'irréfutabilité n'est pas (comme on l'imagine souvent) vertu mais défaut.</p> <p>5) Toute mise à l'épreuve véritable d'une théorie par des tests constitue une tentative pour en démontrer la fausseté (<i>to falsify</i>) ou pour la réfuter. Pouvoir être testée c'est pouvoir être réfuté (...).</p> <p>6) On ne devrait prendre en considération les preuves qui apportent confirmation <i>que dans les cas où elles procèdent de tests authentiques subis par la théorie en question</i> ; on peut donc définir celles-ci comme des tentatives sérieuses, quoiqu'infructueuses, pour invalider</p>

¹²⁶ in *La logique de la découverte scientifique* (1934), appendice * I, p. 319.

¹²⁷ Première publication sous le titre "Philosophy of Science: a Personal Report", in *British Philosophy in Mid-Century*, C. A. Mace (ed.), Londres, Allen & Unwin, 1957.

	<p>(<i>to falsify</i>) telle théorie (...).</p> <p>7) (...) une nouvelle interprétation <i>ad hoc</i> [permet] de soustraire la théorie à la réfutation. Une telle démarche demeure toujours possible, mais cette opération de sauvetage a pour contrepartie de ruiner ou, dans le meilleur des cas d'oblitérer partiellement la scientificité de la théorie (...).</p> <p>« On pourrait résumer ces considérations ainsi : <i>le critère de la scientificité d'une théorie réside dans la possibilité de l'invalider, de la réfuter ou encore de la tester</i> ».</p> <p>« Le critère de réfutabilité (...) spécifie que des énoncés ou des systèmes d'énoncés doivent pouvoir entrer en contradiction avec des observations possibles ou concevables ».</p>
<p><i>Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I</i>, (1982), p. 191. -écrit vers 1956-</p>	<p>« Mon but (...) est de montrer que le “problème de la démarcation” a toujours été pour moi un problème pratique, celui de l'évaluation des théories, de l'estimation de leurs prétentions. Il ne s'agissait d'aucune façon d'un principe de classement ou d'une pierre de touche permettant de distinguer une discipline appelée science d'une autre appelée métaphysique. Il s'agissait bien plutôt d'une question pratique et urgente : à quelles conditions est-il possible un recours critique à l'expérience – recours qui puisse être fécond ? ».</p>
<p><i>Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique</i> (1963), pp. 64, 65 et 68 -conférences de 1960 et 1961 réunies sous le titre de « Vérité, rationalité et progrès de la connaissance scientifique ».</p>	<p>« J'estime que la logique de la constellation épistémologique générale dans laquelle le savant se trouve pris, ainsi que la tâche qui consiste à s'approcher davantage de la vérité [nécessite] trois réquisits.</p> <p>Voici le premier : il est nécessaire que la théorie nouvelle procède d'une idée unificatrice simple, inédite et puissante quant à un lien ou un rapport quelconques (...) entre des éléments (...), des phénomènes (...) ou des entités théoriques nouvelles (...) que l'on avait pas songé, jusque-là, à mettre en relation.</p> <p>(...) la deuxième de nos conditions. Nous exigeons (...) également que la nouvelle théorie puisse être testée de manière indépendante. Elle ne doit pas seulement expliquer tous les phénomènes qu'on la destine à élucider, mais il est nécessaire qu'elle comporte des conséquences nouvelles et susceptibles d'être testées (d'un type inédit, de préférence) : elle doit permettre de prédire des phénomènes qui n'ont pas été observés jusqu'alors. (...)</p> <p>Dès lors que la deuxième condition se trouve satisfaite, la formulation de la théorie nouvelle représente une avancée potentielle, quelle que puisse être l'issue des tests. (...)</p> <p>La formulation d'une théorie satisfaisante obéit, à mon sens, à une troisième condition : il nous faut exiger que cette théorie passe, avec succès, un certain nombre de tests nouveaux et très rigoureux à la fois. (...)</p> <p>La troisième des conditions posées n'est pas absolument nécessaire : une théorie impuissante à la satisfaire pourra cependant offrir une contribution importante à la science. Mais, dans une perspective différente, cette condition n'en demeure pas moins, à mon sens, réellement indispensable ».</p>
<p><i>La connaissance objective</i> (1972) p. 146 -écrit en 1970- note 1 p. 54 - première publication en 1971-</p>	<p>« <i>La méthode scientifique, c'est la méthode des conjectures audacieuses et des tentatives ingénieuses et rigoureuses pour les réfuter</i> ».</p> <p>« Le “problème de la démarcation”, comme je l'appelle, est le problème qui consiste à trouver un critère qui nous permette de distinguer les énoncés des sciences empiriques des énoncés non empiriques. Ma solution réside dans le principe suivant : un énoncé est empirique s'il existe des conjonctions (finies) d'énoncés empiriques singuliers (d'“énoncés de base” ou d'“énoncés expérimentaux”) qui le contredisent ».</p>
<p><i>Toute vie est résolution de problèmes</i> (1994) p. 37 et p. 43. -conférence radiophonique de 1972-</p>	<p>« Pour résoudre le problème de la démarcation, je propose donc le critère suivant : une théorie appartient à la science empirique si, et seulement si, elle se trouve en contradiction avec des expériences possibles, c'est-à-dire si elle est en principe falsifiable par l'expérience. Ce critère de démarcation, je l'ai appelé le “critère de falsifiabilité” ».</p> <p>« On peut considérer une proposition empirique, ou un énoncé d'observation qui contredit une théorie, comme une <i>possibilité de falsification</i> ou comme un <i>falsificateur potentiel</i> de la théorie en question : il suffit que l'on procède à l'observation correspondant à une falsification possible, pour que la théorie soit <i>falsifiée empiriquement</i> ».</p>
<p><i>La quête inachevée</i></p>	<p>« C'est au début de cette période que je poussai plus loin mes idées concernant la</p>

(1974), p. 63	<i>démarcation entre théories scientifiques</i> (comme celles d'Einstein) et <i>théories pseudo-scientifiques</i> (comme celles de Marx, Freud ou Adler). Il m'apparut alors clairement que ce qui donnait une valeur scientifique à une théorie ou à un énoncé c'était sa capacité d'éliminer, ou d'exclure, certains événements possibles – de défendre, ou de condamner, l'occurrence de ces événements. Ainsi, <i>plus une théorie porte d'interdits, plus elle nous renseigne</i> ».
<i>The Philosophy of Karl Popper</i> (1974), p. 987	« Mon critère de démarcation entre les théories ou les énoncés de la science empirique et ceux qui n'y appartiennent pas (mais qui appartiennent peut-être à la pseudo-science, à la logique ou à la métaphysique) est la <i>testabilité</i> , ou la <i>falsifiabilité</i> . J'entends par là : <i>la possibilité d'un conflit avec les énoncés de test</i> (énoncés de base, énoncés singuliers décrivant des événements observables) ¹²⁸ ».
Introduction de 1978 de <i>Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance</i> (1999), pp. 18 et 19.	« Cette question, à savoir si la falsification a réellement eu lieu, peut être une question importante et difficile, mais elle doit être rigoureusement distinguée de la question principale de la falsifiabilité potentielle (c'est-à-dire de celle du critère de démarcation) ». « Mais le fait, très important, que toutes ou du moins la plupart des théories scientifiques puissent être immunisées n'empêche pas ce que j'appelle leur falsifiabilité ; c'est-à-dire leur falsifiabilité au sens du critère de démarcation : l'existence de possibilités de falsification (de <i>falsificateurs potentiels</i>).
Introduction de 1982 du <i>Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique II</i> , (1982), p. 3.	« La falsifiabilité, au sens du critère de démarcation, ne désigne rien de plus qu'une relation logique entre la théorie en question et la classe des énoncés de base, ou celle des événements décrits par ces énoncés : les falsificateurs potentiels. La falsifiabilité est donc relative à ces deux classes : il suffit que l'une d'entre elles soit donnée pour que la falsifiabilité devienne une question purement logique, liée aux caractéristiques logiques de la théorie en cause ».

Tableau 2 : Le critère de démarcation défini par Popper dans ses différentes œuvres

La première intention consiste à vouloir en donner une présentation générale et synthétique de manière à ce que le lecteur sache de quoi on parle. La majorité des extraits présentés, qui sont synthétiques, correspondent à cet objectif. C'est typiquement le cas de textes de résumés, de réponses à un auteur, ou même de rappels de la notion dans un écrit portant sur un sujet connexe, comme le résumé de *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* et de la « Lettre à *Erkenntnis* », de la réponse de Popper à William Kneale dans « Replies to my critics » in *The Philosophy of Karl Popper*. Ces extraits ont le défaut de leur

¹²⁸ (« My criterion of demarcation between the theories or statements of empirical science and those that do not belong to it (but perhaps to pseudoscience, logic, and metaphysics) is testability, or falsifiability. By this I mean: the possibility of a clash with test statements (basic statements, singular statements describing observable events) » -Je traduis-).

qualité, l'aspect synthétique. On retrouve l'emploi, trop peu précis pour l'importance qu'ils ont ici, du verbe pouvoir et de ses substantifs associés ainsi que de la notion de susceptibilité : « Le critère de la scientificité d'une théorie réside dans la possibilité de l'invalider, de la réfuter ou encore de la tester¹²⁹ », ou encore :

« Mon critère de démarcation entre les théories ou les énoncés de la science empirique et ceux qui n'y appartiennent pas (mais qui appartiennent peut-être à la pseudo-science, à la logique ou à la métaphysique) est la testabilité, ou la falsifiabilité. J'entends par là : la possibilité d'un conflit avec les énoncés de test (énoncés de base, énoncés singuliers décrivant des événements observables)¹³⁰ ».

C'est possible, mais est-ce nécessaire ? On pourrait rétorquer que tout cela n'a finalement pas grande importance si ce n'était le nœud du problème. Car c'est bien, en partie, la réponse de Popper à Kneale, cité ci-dessus, qui fait dire à Alain Boyer qui la cite dans son *Introduction à la lecture de Karl Popper* en page 27 « qu'un énoncé (...) pour être accepté, même momentanément, dans le corps des énoncés scientifiques [doit être aussi], bien entendu (...) testé et [doit] résister à ces tests¹³¹ ». Si Alain Boyer et bien d'autres n'y ont pas vu la même chose que nous pourrions y mettre, c'est bien que ces énoncés ne peuvent pas être pris comme éléments discriminants de notre réflexion, mais peuvent seulement être cités à titre secondaire.

Il en va tout autrement des textes qui présentent de façon plus exhaustive le critère de démarcation parce qu'il y constitue le centre du problème, ou des introductions des livres qui sont l'occasion pour l'auteur de faire le point sur des notions qui ne lui semblent pas correctement comprises des critiques. En ce sens *La logique de la découverte scientifique*, le *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I*, les conférences de 1960 et 1961 réunies sous le titre de « Vérité, rationalité et progrès de la connaissance scientifique » dans *Conjectures et réfutations*,

¹²⁹ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique* (1963), *op.cit.*, p. 65.

¹³⁰ (« *My criterion of demarcation between the theories or statements of empirical science and those that do not belong to it (but perhaps to pseudoscience, logic, and metaphysics) is testability, or falsifiability. By this I mean: the possibility of a clash with test statements (basic statements, singular statements describing observable events)* ».) -Je traduis-, POPPER Karl R., « Replies to my critics » in *The Philosophy of Karl Popper*, The Library of Living Philosophers, edited by Paul Arthur Schilpp, 1974.

¹³¹ BOYER Alain, *Introduction à la lecture de Karl Popper*, Paris, Presses de l'Ecole Normale Supérieure, 1994, p. 19.

et les introductions de 1978 et 1982 respectivement de *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* et du *Post-scriptum II*, sont des textes de choix qui se révèlent beaucoup plus discriminants que les précédents.

Le second contexte d'écriture relève de l'histoire de la pensée philosophique de Popper et des questions auxquelles il a été confronté. Comme Popper le présente dans son autobiographie, *La quête inachevée* (1974), et aussi dans la conférence de 1953 reprise dans *Conjectures et réfutations* (1963), il dit élaborer son critère de démarcation au cours de l'hiver 1919-1920 en réponse aux « idées spéculatives » qui le taraudent. Il s'agit initialement d'une réponse au problème du rapport de la pensée critique avec la pensée dogmatique, rapport qu'il avait pu expérimenter lors des événements politiques viennois de 1919. Bien que ces éléments de biographie soient désormais classiques, il n'est pas inintéressant de les rappeler puisqu'ils touchent à la genèse même du critère.

Commençons par la version poppérienne. Popper a alors dix-sept ans et s'implique politiquement. Il devient membre de l'association des collégiens socialistes, assiste aux nombreuses réunions universitaires et devint pour un cours temps marxiste. Un événement, au printemps 1919, allait durablement le marquer. Lors d'une manifestation contre l'emprisonnement d'ouvriers socialistes et communistes à laquelle il prit part, il fut horrifié par la brutalité de la police (plusieurs ouvriers furent tués) mais aussi par lui-même, car il considérait avoir, au moins en principe, une responsabilité dans la tragédie. En effet, le marxisme politique exige que la lutte des classes soit intensifiée afin d'accélérer l'avènement du socialisme. Sa doctrine affirme que les quelques victimes de la révolution sont secondaires vis-à-vis du but ultime. Popper écrit à propos de cet événement :

« Telle était la théorie marxiste – partie intégrante du soi-disant « socialisme scientifique ». Je me demandais alors si un pareil calcul pouvait s'appuyer sur la « science ». L'ensemble de l'expérience, et

cette question en particulier, suscitèrent en moi un renversement de sentiment qui dura le reste de ma vie¹³² ».

Le matérialisme dialectique, dans ce qu'il a de prétention historiciste et de dogmatisme, est donc l'élément instigateur d'une recherche d'un critère démarquant la science de la pseudoscience. C'est cette même année 1919 que Popper assista à une conférence d'Einstein sur la théorie de la relativité. Si Popper reconnaît que son contenu le dépassait, il indique « qu'il en était en quelque sorte hébété¹³³ », cette rencontre avec les travaux d'Einstein fut déterminante sur sa pensée épistémologique. Le jeune Popper a le sentiment de vivre un moment fort de l'histoire des sciences, un bouleversement tel qu'il modifie en profondeur notre compréhension de l'univers, ce que Kuhn appellera une révolution scientifique¹³⁴, conduisant à l'avènement d'un nouveau paradigme. L'espace était jusqu'alors régi par les lois de Newton ; la découverte de Neptune par le calcul par Le Verrier en 1848¹³⁵ n'était-elle pas la preuve de la validité universelle de la mécanique newtonienne ? Certes Popper avait lu Ernst Mach (1838-1916), dont *La mécanique : Exposé historique et critique de son développement* (1883) critiquait la théorie newtonienne du temps et de l'espace absolus et proposait une nouvelle interprétation du principe de l'inertie, tout en conservant les lois de Newton. Mais la théorie de la relativité fournissait une véritable alternative qui apparaissait « une meilleure approximation de la vérité¹³⁶ », une théorie, qui plus est, prédictive. Einstein insistait sur l'importance fondamentale d'une conséquence de sa théorie qui veut que dans un champ de gravitation, un rayon lumineux – qui devrait sinon se propager en ligne droite – décrit une trajectoire curviligne. Et le 29 mai de cette même année, une expédition de la Société astronomique de Londres, dirigée par Eddington, en prenant des photographies des

¹³² POPPER Karl R., *La quête inachevée* (1974), trad. de Renée Bouveresse, Paris, Calmann-Lévy, 1981, pp. 52 et 53.

¹³³ *Ibid.*, p. 105.

¹³⁴ KUHN Thomas S., *La structure des révolutions scientifiques* (1962), trad. Laure Meyer, Paris, Champs Flammarion, 1983.

¹³⁵ Les paramètres orbitaux furent publiés le 31 août et Galle observa effectivement la planète le 23 septembre 1848.

¹³⁶ POPPER Karl R., *La quête inachevée* (1974), *op.cit.*, p. 57.

étoiles au voisinage du soleil durant une éclipse totale de celui-ci, mettait en évidence (par comparaison avec une autre période de l'année) cette conséquence prévue par la théorie¹³⁷. De cette expérience, Popper a souvent écrit qu'elle avait eu une influence considérable sur sa pensée, sur sa conception de la science. Si elle l'a tant impressionné, explique-t-il, c'est par le contraste qu'elle offrait avec le « socialisme scientifique » mais aussi avec la psychologie individuelle d'Alfred Adler et la psychanalyse freudienne. A dix-sept ans, Popper ne manque pas d'en faire de sévères critiques¹³⁸. D'un côté, il identifie une théorie très « à risque », la théorie de la relativité, dont les prédictions très précises pouvaient en réfuter l'ordonnement, de l'autre des théories, comme le marxisme historiciste, sans cesse sauvées de la réfutation par l'ajout d'hypothèses *ad hoc* lui permettant d'être compatible avec les faits : « J'avais été choqué par le fait que les marxistes (dont la revendication principale était que leur théorie fût comptée au rang des sciences sociales), et les psychanalystes de toute appartenance, étaient capables d'interpréter n'importe quel fait imaginable comme venant à l'appui de leurs théories¹³⁹ ». On pourrait donc expliquer la naissance de ce qui deviendra par la suite le critère poppérien de démarcation, par la confrontation d'un esprit résolument critique vis-à-vis des différents événements politiques et des théories scientifiques de cette Europe du début du XIXe siècle. Sa pensée critique précoce est la conjonction d'une certaine érudition livresque (« nous lisions de tout avec une voracité insatiable,

¹³⁷ Dans un article de 1911 des *Annalen der Physik*, Einstein écrit : « Comme les étoiles fixes appartenant à des parties du ciel situées près du Soleil deviennent visibles lors des éclipses totales du Soleil, cette conséquence de la théorie peut être confrontée à l'expérience. [...] Il serait urgent que des astronomes s'occupent de la question examinée ici, même si les raisonnements dans ce qui précède doivent apparaître comme insuffisamment fondés, voire aventureux ». « Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes » in *Annalen der Physik* (1911), *Oeuvres choisies*, 2 : *Relativité I*, trad. fr. Françoise Ballibard, Paris, Le Seuil/CNRS, 1993, pages 134 à 142. Einstein reformulera à plusieurs reprises (en y ajoutant l'influence de la courbure de l'espace-temps) cette demande, notamment dans son livre *La théorie de la relativité restreinte et générale* (1916), édition française Gauthier-Villars (1956). Notons cependant qu'il apparaîtra qu'en raison du temps nuageux de ce 29 mai 1919, la marge d'erreur était bien supérieure au phénomène à mesurer, Stephen Hawking, *Une Brève histoire du temps* (1989). La prédiction d'Einstein sera confirmée en 1970 par *very long baseline (VLB) interferometry*.

¹³⁸ Dans *Conjectures et réfutations* (1963), Popper rapporte comment, en 1919, Adler fut capable d'interpréter, à l'aide de sa théorie des sentiments d'infériorité, et sans même voir l'enfant, un cas qui aux yeux de Popper ne semblait pas particulièrement adlérien.

¹³⁹ POPPER Karl R., *La quête inachevée* (1974), *op.cit.*, p. 64.

discutant, changeant d'avis, étudiant, passant toute chose au crible de la raison et réfléchissant sur tout¹⁴⁰ ») et d'un riche vécu personnel¹⁴¹.

Evidemment *La quête inachevée* a été écrite cinquante années après les événements précédents, et il n'est pas du tout certain que son contenu corresponde vraiment à la pensée du jeune Popper. Dans son imposante étude historique, Malachi Haim Hacoheh indique que si la période de l'immédiate après-guerre fut bien cruciale dans la vie de Popper, « contrairement à [ce qu'on peut lire dans] ses récits autobiographiques, il n'avait pas encore identifié la testabilité ou la réfutabilité comme ligne de démarcation entre la science et la pseudoscience ou la science et la métaphysique. En effet, il n'avait même pas encore formulé la question¹⁴² ». Qui plus est, l'étude de manuscrits non publiés, antérieurs à *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1932), notamment sa thèse de doctorat en psychologie de 1928, sous la direction de Karl Bühler intitulée *Zur Methodenfrage der Denkpsychologie (Du problème de la méthode en psychologie de la pensée)*, mais aussi une thèse (travail préliminaire), *Gewohnheit und Gesetzerlebnis in der Erziehung (Habitudes et expérience de l'autorité dans l'éducation)*, présentée en 1927 à l'Institut de l'Education de la ville de Vienne, mettent en évidence d'importantes différences, non seulement dans l'approche des concepts, mais aussi dans la façon dont Popper les percevait. Pour Michel ter Hark qui a étudié ces textes avec attention, « le résultat

¹⁴⁰ *Ibid.*, p. 60.

¹⁴¹ Il est frappant d'observer que Popper ne suit pas un cursus scolaire et universitaire classique. Déçu de l'enseignement qu'il reçoit au *Realgymnasium* local, il quitte le collège en 1918 pour étudier en auditeur libre à l'Université de Vienne (où il s'inscrit comme étudiant matriculé en 1922, alors détenteur du *matura*, l'examen d'entrée). Très attiré par la condition ouvrière, il fit plusieurs « tentatives » pour devenir ouvrier et notamment ébéniste mais comme il le souligne « ce n'était pas physiquement épuisant, mais le problème était que certaines idées spéculatives qui m'intéressaient s'interposaient entre moi et mon travail » (*La quête inachevée*, p. 55). Il travailla bénévolement dans le cadre du service social (*Horterzieher*) pour les enfants abandonnés dans les dispensaires d'Alfred Adler. A l'Université il suit principalement les enseignements de mathématiques (tout particulièrement les conférences) et de physique. Sur le plan philosophique, Popper s'essaye alors à Kant, et comme il le dit lui-même « entreprend de déchiffrer » *La Critique de la raison pure* et les *Prolégomènes*.

¹⁴² ("Contrary to his autobiographical accounts, he had not yet settled on testability, or falsifiability, as the demarcation between science and pseudoscience or science and metaphysics. Indeed, he had not even formulated the question yet" – je traduis -). HACOHEH Malachi Haim, *Karl Popper – The Formative Years, 1902-1945. Politics and Philosophy in Interwar Vienna*, New York, Cambridge University Press, 2000, p. 96.

le plus surprenant de cette reconstruction est que, contrairement à ce qu'il nous pousse à croire, Popper n'était ni arrivé à sa critique de l'induction pendant cette période, ni avait formulé son critère de démarcation¹⁴³ ». En 1927, Popper introduit une démarcation au sein de la psychologie et la méthode qui la sous-tend qui n'est pas hypothético-déductive mais plutôt inductive. Concernant l'induction, Hark cite, à l'appui, le passage suivant tiré de la thèse de 1927 : « Le travail manuel, bien que dans ses principales parties très théorique, est née de l'expérience pratique et a finalement servi à pratiquer de nouveau. Sa méthode, donc, est essentiellement inductive¹⁴⁴ ». Il est assez troublant de voir que ses écrits de 1927-1928 s'opposent sur des points importants aux développements épistémologiques de *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1931-32) et de la *Logique de la découverte scientifique* (1934). Il semble donc plus raisonnable de reporter d'environ une dizaine d'année (de 1919 à 1929) le rejet par Popper de l'induction ainsi que l'élaboration du critère de démarcation. La période postdoctorale semble, de ce point de vue, avoir été une transition cruciale, pendant laquelle la remise en cause de l'induction serait allée de pair avec une interrogation portant sur la nature de la démarcation susceptible de discriminer théories scientifiques et non scientifiques. Pour Hacoheh, « La réfutabilité ne devint son critère de démarcation pas avant 1932¹⁴⁵ ». Certains passages de la première partie de *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance*, relatifs à la « méthode de l'expérience », y associant encore la vérification à la

¹⁴³ (“The most surprising result of this reconstruction will be that, in contrast to what he urges us to believe, Popper had neither arrived at his criticism of induction in this period nor formulated his criterion of demarcation”, je traduis). HARK ter Michel, “Between autobiography and reality: Popper’s inductive years” in *Stud. Hist. Phil. Sci.* 33 (2002) 79–103.

¹⁴⁴ (“The work at hand, although in its main parts highly theoretical, has yet arisen out of practical experience and has finally to serve practice again. Its method, therefore, is essentially inductive”, je traduis). *Ibid.*, p. 81.

¹⁴⁵ (“Falsifiability did not become his demarcation criterion until 1932”, je traduis). HACHOEN Malachi Haim, *Karl Popper – The Formative Years, 1902-1945. Politics and Philosophy in Interwar Vienna*, op.cit., p.168.

réfutation¹⁴⁶, plaident dans ce sens. On peut même suggérer que l'écriture de cette imposante partie, rédigée en 1930-31, participa activement à la délimitation fine du critère. Il s'agira donc de prendre en compte avec circonspection l'aspect historique du critère de démarcation présenté dans les récits autobiographiques de Popper.

Bien qu'il soit donc plus prudent de décaler d'une dizaine d'années la période d'élaboration du critère, on peut penser que les données évènementielles introduites dans la définition du critère de démarcation dans son œuvre, sont celles qui ont été les moins manipulées par Popper :

« C'est au début de cette période que je poussai plus loin mes idées concernant *la démarcation entre théories scientifiques* (comme celles d'Einstein) et *théories pseudo-scientifiques* (comme celles de Marx, Freud ou Adler). Il m'apparut alors clairement que ce qui donnait une valeur scientifique à une théorie ou à un énoncé c'était sa capacité d'éliminer, ou d'exclure, certains évènements possibles – de défendre, ou de condamner, l'occurrence de ces évènements. Ainsi, *plus une théorie porte d'interdits, plus elle nous renseigne* » (...)

« Mon idée essentielle en 1919 était la suivante. Qui que ce soit, proposant une théorie scientifique, devrait tout comme Einstein, pouvoir répondre à cette question : "quelles sont les conditions dans lesquelles j'admettrais que ma théorie est insoutenable ? " Autrement dit, quels sont les faits concevables dont j'admettrais qu'ils apportent des réfutations, ou des falsifications, à ma théorie ?¹⁴⁷ »

Ces données évènementielles sont relatives aux travaux d'Einstein. Il est intéressant d'observer que Popper porte la théorie d'Einstein au rang des théories scientifiques alors même qu'elle n'avait jamais été expérimentée. Ce n'est qu'au cours de l'expédition d'Eddington que la théorie a pu être confrontée aux données expérimentales, il n'est jamais question ici d'attendre les résultats empiriques comme le ferait une méthodologie inductive. Les faits scientifiques sont évoqués au titre de potentialité de mise en échec de la théorie. Et c'est donc la capacité prédictive à interdire la survenue d'un évènement qui caractérise un énoncé scientifique. Si l'on peut donner foi aux souvenirs évoqués par Popper, il semblerait donc que dès la genèse du critère, il y ait une dissociation de fait entre la scientificité d'une théorie et son expérimentation effective. La

¹⁴⁶ "C'est dans ces règles méthodiques selon lesquelles se prennent les décisions que consiste ce que l'on peut appeler la *vérification et falsification empirique* ou la *méthode de l'expérience*". POPPER Karl R., *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1932), *op.cit.*, p. 144.

¹⁴⁷ *Ibid.*, pp. 63 et 64.

scientificité d'un énoncé précède temporellement sa mise à l'épreuve : c'est une des caractéristiques de la réfutabilité comme critère de démarcation, qui diffère fondamentalement de l'induction mais aussi de la réfutation.

Toujours est-il que cette dissociation se retrouve de façon plus ou moins prononcée dans les différentes œuvres de Popper, cependant avec des variations assez significatives. Afin de présenter de façon synthétique ce que l'on pourrait appeler l'évolution du critère poppérien de la démarcation, nous identifions, postérieurement à ces premières années assez inconnues, quatre périodes où l'approche du critère est suffisamment différente pour être relevée : (1) une première période, correspond à une conception essentiellement logico-méthodologique du critère de démarcation, conception développée dans *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1931-32) et dans la *Logique de la découverte scientifique* (1934), environ la décennie 1930 ; (2) pendant la seconde période, la perception du critère est plus méthodologico-empirique, ce qui correspond à la période d'écriture de ses ouvrages de philosophie politique, *La société ouverte et ses ennemis* (1945) et *Misère de l'historicisme* (1956), écrits auxquels on peut rattacher la conférence de 1953 de *Conjectures et Réfutations* et dans une certaine mesure le *Post-scriptum I* (1956), environ les décennies 1940-1950 ; (3) une période transitoire où Popper revient à une opposition plus tranchée entre les exigences formelles et matérielles, opposition qui résulte de sa recherche relative aux progrès de la connaissance et à l'élaboration de son épistémologie évolutionniste, ainsi que l'on peut l'observer dans les conférences de 1960 et 1961 réunies sous le titre de « Vérité, rationalité et progrès de la connaissance scientifique » dans *Conjectures et Réfutations* et dans les conférences intitulées « L'évolution et l'arbre de la connaissance » (1961) et « Une épistémologie sans sujet connaissant » (1967) parues dans *La connaissance objective* (1972) ; (4) une perspective logico-technique de la réfutabilité se

construit à la fin des années 1970, elle est affirmée dans l'introduction de 1981 du *Post-scriptum I*, de la fin des années 1970 jusqu'à sa mort (1994).

Il va sans dire qu'il ne s'agit pas de transformations brutales avec des oppositions très tranchées, une nouvelle perception du critère n'entraîne pas une remise en question totale des conceptions précédemment émises. Popper, par les nombreux commentaires qu'il a ajoutés aux éditions et rééditions de ses œuvres, avec les introductions successives mais aussi les nombreuses notes de bas de page, a toujours été soucieux de défendre une certaine continuité de ses thèses. Il s'agit plutôt de nouvelles orientations dont Popper d'ailleurs ne reconnaîtrait pas forcément l'existence, de tendances évolutives de sa pensée, des modifications que l'on peut mettre en relation avec ses préoccupations et ses confrontations épistémologiques, mais aussi qui sont du ressort de la sociologie des sciences et de la psychologie.

B. Evolution du critère de démarcation dans l'œuvre de Popper

1. Un critère de démarcation logico-méthodologique

Durant la décennie 1930, Popper construit son critère de démarcation certes pour lui-même, mais aussi, comme on l'a rappelé, contre celui élaboré par les positivistes logiques du Cercle de Vienne, celui du vérificationnisme de la signification. Son premier manuscrit, *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance*, rédigé, selon Christian Bonnet¹⁴⁸, entre 1930 et 1933 et bien qu'il ait circulé très tôt parmi les membres du Cercle de Vienne¹⁴⁹ n'a été publié en Allemagne qu'en 1979¹⁵⁰. Signalons que si la première partie, « le problème de

¹⁴⁸ POPPER Karl R., *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1933), *op.cit.*, p. 1.

¹⁴⁹ Le manuscrit de la première partie fut lu dès l'été 1932 par Herbert Feigl et Rudolf Carnap, puis ensuite notamment par Moritz Schlick, Philipp Franck, Hans Hahn et Otto Neurath. POPPER Karl R., *La quête inachevée* (1974), *op.cit.*, p. 122.

¹⁵⁰ L'éditeur de 1933 ayant refusé de le publier par deux fois, à cause de sa longueur.

l'induction », paraît avoir été intégralement conservée, il ne subsiste malheureusement du « problème de la démarcation » que quelques fragments que l'on peut toutefois compléter par un petit résumé établi par Popper en 1932. En 1933, Popper envoie une Lettre à l'éditeur *Erkenntnis* (*Annalen der philosophie*, II) afin de dissiper un certain malentendu à propos de ses thèses ; en effet, le Cercle débattait des questions sur le remplacement de la vérifiabilité par la réfutabilité comme critère de signification, « alors qu'en fait [Popper] ne se préoccupait pas du problème de la *signification* mais de celui de la démarcation¹⁵¹ ».

Les trois premières définitions du critère de démarcation présentées dans le tableau 2, respectivement extraites de *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1931-1932) et de la « Lettre à *Erkenntnis* » (1933) ont en commun qu'elles sont articulées autour du verbe pouvoir dont nous avons déploré l'ambiguïté en termes de potentialité et de nécessité. L'extrait de la section 6 de *La logique de la découverte scientifique* (1934), section introductive au critère, repose lui aussi partiellement sur le même verbe, « *un système faisant partie de la science empirique doit pouvoir être réfuté par l'expérience* » ; noter qu'est présent aussi le terme de susceptibilité. Mais associé au verbe « devoir », « pouvoir » prend ici un sens nettement potentiel car son absence montrerait l'absolue nécessité de la réfutation effective, ce qui donnerait : « *un système faisant partie de la science empirique doit être réfuté par l'expérience* ». Il faut comprendre que l'empiricité et donc la scientificité d'une théorie se déduisent de sa position logique vis-à-vis de l'expérience. Une théorie, si elle veut apporter des informations sur le monde, doit permettre d'inférer plus d'énoncés empiriques singuliers que ne le feraient les seules conditions initiales¹⁵². Comme on le sait, Popper choisit non pas les indicateurs de vérité comme pourrait le faire une démarche vérificationniste, mais des indicateurs de fausseté associés

¹⁵¹ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., Appendice I, p. 316.

¹⁵² *Ibid.*, p. 83.

à l'opération logique du *modus tollens*. Ces indicateurs de fausseté sont potentiels car c'est leur ensemble qui définit le contenu empirique d'une théorie. La section 21 de *La logique de la découverte scientifique* ne souffre d'aucune ambiguïté à ce propos :

« L'on qualifie une théorie d'"empirique" ou de "falsifiable" si elle divise, de manière précise, la classe de tous les énoncés de base en deux sous-classes non vides : celles de tous les énoncés de base avec lesquels elle est en contradiction (ou qu'elle exclut ou défend) et que nous appelons la classe des falsificateurs virtuels de la théorie et celle des énoncés de base avec lesquels elle n'est pas en contradiction (ou qu'elle "permet"). Nous pouvons poser ceci plus brièvement en disant qu'une théorie est falsifiable si la classe de ses falsificateurs virtuels n'est pas vide¹⁵³ ».

Remarquons la différence de statut des deux sortes d'énoncés singuliers¹⁵⁴ déductibles de la théorie. Les énoncés en contradiction avec la théorie (énoncés de base) sont virtuels, alors que pour ceux qui la vérifient, leur potentialité n'est pas exprimée. Bien que Popper n'en dise mot ici, il semble bien qu'au-delà des différences habituellement mises en avant entre vérification et réfutabilité (notamment dans la mise en œuvre de l'induction), une caractéristique propre de cette dernière soit la virtualité, la potentialité des énoncés de base. En d'autres termes, la reconnaissance de la scientificité d'un énoncé par la vérification (pour les partisans du vérificationnisme car évidemment pour Popper l'induction n'est pas logiquement valide) serait du ressort d'une action effective¹⁵⁵, alors que l'identification de la scientificité par la réfutabilité serait du seul ressort de la potentialité. Il s'agira, dans la suite de notre exposé, d'éclaircir le pourquoi de cette différence.

Même si lors de ces premières décennies, la distinction entre réfutabilité et réfutation n'apparaît pas toujours nettement, certaines parties de *La logique de la découverte scientifique*

¹⁵³ *Ibid.*, p. 84.

¹⁵⁴ En toute rigueur Popper ne devrait pas parler d'énoncé de base pour les énoncés avec lesquels la théorie n'est pas en contradiction (en d'autres lieux, Popper parle « d'énoncés illustratifs », voir partie III.2) car ce terme, introduit pour se démarquer des énoncés protocolaires des membres du Cercle de Vienne, est spécifique justement des énoncés susceptibles de servir de prémisses à une réfutation.

¹⁵⁵ Du moins en 1934. Devant les difficultés de pouvoir réellement vérifier une proposition, Schlick contre Carnap, et peut-être influencé par Popper (à moins qu'il ne s'agisse de l'effet contraire car Popper a beaucoup travaillé sur les écrits de Schlick), affirme que par vérification il faut entendre une « possibilité de vérification » d'ordre logique. SCHLICK Moritz, "Meaning and signification", in *Philosophical Review*, 1936, vol. XLV, section III, p. 351.

sont cependant sans équivoque ; c'est le cas de la section 22 intitulée « Falsifiabilité et falsification » :

« La nécessité pour l'hypothèse d'être empirique et par là falsifiable signifie seulement qu'elle doit être dans un certain rapport logique avec les énoncés de base possibles. Cette condition concerne donc la seule forme logique de l'hypothèse. La condition annexe qui requiert la corroboration de l'hypothèse fait référence à des tests qu'elle devrait avoir passés, tests qui la confrontent à des énoncés de base acceptés¹⁵⁶ ».

Ici la réfutation qui consiste à confronter effectivement l'hypothèse théorique aux énoncés de base est qualifiée de « condition annexe », annexe donc seconde et surtout non nécessaire pour statuer sur le caractère empirique, c'est-à-dire sur la scientificité de la théorie¹⁵⁷. Pourtant si le critère de démarcation repose sur une base logique, cette dernière ne peut être, à elle seule, le garant de la scientificité d'un énoncé.

« Si nous caractérisons la science empirique par la seule structure formelle ou logique de ses énoncés, nous ne serons pas en mesure d'en exclure cette forme courante de métaphysique qui résulte de l'élévation d'une théorie scientifique surannée au rang de vérité incontestable¹⁵⁸ ».

Pour éviter les errements du critère de signification de Wittgenstein, Popper nous rappelle la nécessité de la relation à l'expérience. S'il existe un nombre probablement infini de mondes logiquement possibles, « la science empirique n'est censée représenter qu'un seul monde : “le monde réel” ou “le monde de notre expérience”¹⁵⁹ ». Il pose la question de savoir justement comment distinguer le système qui représente notre monde de l'expérience ? La réponse est la suivante : « par le fait qu'il a été soumis à des tests et qu'il a résisté à ces tests¹⁶⁰ » (on retrouve ici l'affirmation d'Alain Boyer). En d'autres termes il faut qu'il soit corroboré. La position de Popper est donc très ambiguë.

¹⁵⁶ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., p. 85.

¹⁵⁷ Voir la partie II.B pour une présentation de l'équivalence des termes *empirique* et *scientifique* chez Popper.

¹⁵⁸ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., p. 47.

¹⁵⁹ *Ibid.*, p. 36.

¹⁶⁰ *Ibid.*

La section 5 de *La logique de la découverte scientifique* met en avant toute la difficulté de l'entreprise poppérienne. En effet, voici comment il résume les trois exigences auxquelles devra satisfaire théoriquement son système empirique :

« Il devra, tout d'abord, être *synthétique*, de manière à pouvoir représenter un monde *possible*, non contradictoire. En deuxième lieu, il devra satisfaire au critère de démarcation, c'est-à-dire qu'il ne devra pas être métaphysique mais devra représenter un monde de l'*expérience* possible. En troisième lieu, il devra constituer un système qui distingue de quelque manière des autres systèmes du même type dans la mesure où il est le seul à représenter *notre* monde de l'expérience¹⁶¹ ».

Cet extrait positionne nettement le critère de démarcation dans la seule potentialité puisque la troisième condition est celle de l'expérience réelle. Donc de deux choses l'une, soit un énoncé appartiendra à la science empirique s'il représente seulement un monde de l'expérience possible (en plus de son absence de contradiction interne) comme l'indique cet extrait, soit un énoncé appartiendra à la science empirique s'il appartient au monde de l'expérience réelle, c'est à dire s'il a été soumis à des tests et qu'il y a résisté, donc s'il est corroboré, comme l'indique la réflexion précédente (citation de la note 159). La section 5 de *La logique de la découverte scientifique*, affirme en quelques lignes deux points de vue qui sont totalement contradictoires. Elle met en relief le difficile, sinon impossible, choix du critère de démarcation par Popper, choix qui oscille entre *potentia* et *agere*. Popper ne peut s'empêcher d'affirmer, dans une même partie, que la science empirique est délimitée par le critère de démarcation et sa virtualité, et en même temps qu'il trouve sa légitimité dans la confrontation directe avec l'expérience. En d'autres termes la science se caractériserait tantôt par sa relation potentielle à l'expérience, tantôt par sa relation effective avec l'expérience. Les critiques de Popper ont été plus ou moins consciemment confrontés à ce dilemme, ce qui expliquerait leur divergence. Si le critère de démarcation est toujours associé à la potentialité, la scientificité, qui par définition devrait lui être strictement rattachée, déborde cependant du monde virtuel sur notre monde de l'expérience.

¹⁶¹ *Ibid.*

La mise en œuvre du critère de démarcation nécessite un choix méthodologique. Comme nous l'avons signalé, une partie importante du manuscrit de *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1931-32) a été perdue, et notamment le développement relatif à la réfutabilité. Cependant, on peut y trouver des idées de premier ordre relatives à l'importance de la méthodologie vis-à-vis du critère de démarcation et qui recourent bien les développements de *La logique de la découverte scientifique*. Popper souligne que sa démarche n'est pas descriptive, elle ne consiste pas à décrire les processus opératoires réellement mis en œuvre par les chercheurs comme pourrait le faire la sociologie des sciences contemporaine de Bruno Latour, mais consiste fondamentalement à établir les règles de l'activité scientifique c'est-à-dire, ni plus ni moins, à ne mettre à l'abri de la réfutabilité aucun énoncé scientifique : « Nous ne voulons pas nous soumettre à une décision empirique dont la base serait l'attitude réelle du savant ; nous ne voulons pas déduire tout ce que fait le savant, mais nous voulons plutôt déduire les méthodes qui le conduisent *au succès*¹⁶² ». Il ne dérogera jamais de cette position. Par exemple dans ses « Replies to my critics » on peut lire : « J'ai tendance à penser que nous devrions tenter de découvrir ce que les scientifiques “doivent” faire¹⁶³ ». Il ne faudrait donc pas mésinterpréter le « falsificationnisme ». Il ne s'agit en aucun cas d'une approche naturaliste¹⁶⁴, mais d'une approche méthodologique qui se trouve être normative. Il ne s'agit pas de questions de fait (le *quid facti* de Kant), mais de question de justification et de validité (*quid juris*). « En science, la méthode n'est pas l'art et la manière dont on découvre quelque chose, mais une procédure par laquelle on le justifie¹⁶⁵ ». Popper prend comme exemple son rejet du principe de l'induction :

¹⁶² POPPER Karl R., *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1933), *op.cit.*, p. 411.

¹⁶³ (“I am inclined to say that we should attempt to find out what they ‘ought’ to do”. –je traduis-). POPPER Karl R., “Replies to my critics” in *The Philosophy of Karl Popper*, The Library of Living Philosophers, edited by Paul Arthur Schilpp, 1974, p. 1036.

¹⁶⁴ « L'étude du véritable comportement des savants ou de la véritable procédure de la “science” peut être qualifiée de “naturaliste” », *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.* p. 49.

¹⁶⁵ POPPER Karl R., *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1931-32), *op.cit.*, p. 28.

« ce n'est pas parce qu'un tel principe n'est en fait jamais utilisé en science mais parce que je pense qu'il n'y est pas nécessaire, qu'il ne nous aide pas et qu'il donne même naissance à des incohérences » ; et il conclut ainsi : « C'est ainsi que je rejette la conception naturaliste¹⁶⁶ ».

A quel moment de la démarche les règles méthodologiques qui conduisent au succès doivent-elles être introduites ? Il s'agit, selon l'auteur, des règles du jeu de la science empirique¹⁶⁷. Ici encore Popper tient un discours ambigu, et un lecteur non averti peut facilement se méprendre. Popper annonce des règles de réfutabilité mais aussi des règles de réfutation comme le montrent les extraits suivants :

« Je propose d'adopter un type de règles qui assurera aux énoncés scientifiques la possibilité d'être soumis à des tests, c'est-à-dire la falsifiabilité¹⁶⁸ ». (...)

« De même que l'on pourrait définir le jeu d'échecs par les règles qui lui sont propres, ainsi peut-on définir la science empirique au moyen de ses règles méthodologiques. (...) les règles ont été élaborées en vue d'assurer l'applicabilité de notre critère de démarcation¹⁶⁹ ».

Le premier passage est extrait de l'introduction du chapitre II de *La logique de la découverte scientifique*, intitulée « Le problème d'une théorie de la méthode scientifique », alors que le second est situé dans le corps du chapitre (section 11). Popper indique d'une part que ces règles méthodologiques découlent de la définition même du critère de démarcation¹⁷⁰, elles permettent de fixer les conditions de possibilité pour un énoncé d'être soumis à des tests (les règles de la réfutabilité apparaissent plus loin dans le texte, notamment en section 20, quand il s'agit de « formuler des règles méthodologiques qui nous empêchent d'adopter les stratagèmes conventionnalistes¹⁷¹»), mais d'autre part il indique aussi qu'elles permettent l'application effective de ce même critère. Il y a donc un décalage important et Popper, au cours de son

¹⁶⁶ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.* p. 50.

¹⁶⁷ *Ibid.*, p. 59.

¹⁶⁸ *Ibid.*, p. 46. Remarquer ici qu'en toute logique Popper ne devrait pas parler d'énoncés scientifiques, mais d'énoncés « tout court », car tant que leur réfutabilité n'a pas été établie, ils ne peuvent être déclarés scientifiques.

¹⁶⁹ *Ibid.*, p. 51 et 52.

¹⁷⁰ *Ibid.*, p. 46 et 51.

¹⁷¹ *Ibid.*, p. 80.

développement, glisse encore de *potentia* à *agere*. Mais peut-être faudrait-il comprendre qu'il existe des règles pour la réfutabilité et pour la réfutation, ce qui semble évidemment nécessaire. Cependant il semblerait que, *in fine*, ce n'est pas à la réfutabilité mais bien plutôt à la réfutation que ces règles fondamentales doivent obéir comme le montre l'extrait suivant :

« On commence par poser une règle suprême qui sert en quelque sorte de norme décidant des autres règles ; c'est donc une règle de type supérieur. C'est elle qui nous dit que les autres règles de la procédure scientifique doivent être établies de manière à ne mettre à l'abri de la falsification aucun énoncé scientifique¹⁷² ».

Ne jamais mettre à l'abri de la réfutation aucun énoncé scientifique est donc la règle première, Popper la qualifie de « règle pratique d'un type supérieur¹⁷³ ». Il annonce donc des règles pour la réfutabilité mais les énonce pour la réfutation. Le discours énonciateur décroche du discours annonciateur. On remarque aussi comment la primauté oscille entre réfutabilité et réfutation : ici la réfutation prend une place prépondérante puisqu'elle résulte de l'application de la règle suprême, alors qu'en section 22, comme nous l'avons montré, elle sera qualifiée de « condition annexe ». Manifestement l'importance de ces deux concepts varie en fonction du sujet présenté.

Décidemment le couple réfutabilité-réfutation est difficile à élaborer. Car si la réfutabilité doit nécessairement, comme nous le montrerons par la suite, s'opposer à la réfutation, les deux concepts doivent aussi pouvoir se rejoindre dans un non moins nécessaire rapport à l'expérience, fondement de la science empirique. La réponse, si elle existe, devra être recherchée ailleurs c'est-à-dire non pas dans l'opposition, mais dans la complémentarité entre réfutabilité et réfutation.

Rappelons que ces règles ne sont pas dogmatiques, Popper souligne qu'il s'agit de règles méthodologiques qui doivent être considérées comme des conventions¹⁷⁴ toujours soumises à

¹⁷² *Ibid.*, p. 51.

¹⁷³ *Ibid.*, p. 52.

¹⁷⁴ L'aspect conventionnel des règles méthodologiques ne doit pas pour autant inscrire Popper au sein du courant conventionnaliste représenté par Henri Poincaré, Pierre Duhem, Gaston Milhaud, Edouard Le Roy et Hugo Dingler, conventionnalisme qu'il a fortement critiqué notamment dans *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (voir BRENNER Anastasios, *Les origines françaises de la philosophie des sciences*, PUF, Paris, 2003,

discussion. Pour autant la méthodologie ne doit pas être comprise comme une science empirique et c'est pourquoi la place du philosophe des sciences y est primordiale.

Lors de la construction de sa théorie de la connaissance, Popper est manifestement tiraillé entre le besoin d'établir une idée unificatrice forte, le critère de démarcation qu'il positionne résolument dans la potentialité, et la nécessité de la relier à l'expérience réelle. Il nous délivre un premier discours qui n'est pas dépourvu d'une certaine ambiguïté et qui va cependant fonder l'essentiel de son épistémologie.

2. Un critère de démarcation plus méthodologico-empirique

Pendant la période de la seconde guerre mondiale et la décennie suivante, Popper oriente ses écrits sur la philosophie politique. Il rentre en lutte contre les thèses historicistes totalitaristes qui s'enracinent, selon lui, dans les thèses hégéliennes et marxistes. Si la « société ouverte » est la seule forme sociétale où la démarche scientifique puisse naître et se développer, *La société ouverte et ses ennemis* (1945) n'étant pas un essai de philosophie des sciences, le critère de démarcation n'y est pas étudié. Comme il le fera de façon plus complète dans *Misère de l'historicisme* (1956), ses thèses épistémologiques permettent essentiellement de démarquer ici les sciences théoriques qui élaborent des énoncés universaux, des sciences historiques qui se construiraient à partir d'énoncés singuliers et donc ne pourraient prétendre à une quelconque universalité mais seulement à des tendances générales¹⁷⁵. Il s'agit de rappeler que « les vérités [des sciences théoriques] ne pouvant être démontrées directement, nous sommes obligés de recourir à la méthode qui consiste à éliminer celles qui sont fausses¹⁷⁶ ». Cette méthode

pp. 137 à 150). Si le conventionnalisme poppérien est relatif aux règles de l'activité scientifique, les lois mêmes de la science y sont étrangères.

¹⁷⁵ Voir parties II.B et III.C.

¹⁷⁶ POPPER Karl R., *La société ouverte et ses ennemis, Tome 2, Hegel et Marx* (1945), trad. de Jacqueline Bernard et Philippe Monod, Paris, Editions du Seuil, 1979, p. 176. Curieusement Popper écrit par la suite : « Les événements nous intéressent donc surtout en tant que moyens de *vérification* des lois » (nous soulignons).

invariable, ainsi que le précise l'extrait ci-dessous de *Misère de l'historicisme* (1956), s'appuie sur la capacité prédictive des théories et des lois et la confrontation directe des prévisions avec le résultat des observations expérimentales.

« Ce qui est important, c'est se rendre compte qu'en science nous avons toujours affaire à des explications, des prédictions et des tests, et que la méthode selon laquelle on teste les hypothèses est dans l'ensemble invariable. A partir de l'hypothèse à tester – par exemple une loi universelle - (...), nous déduisons une prévision. Puis nous confrontons cette prévision, toutes les fois que cela est possible, avec les résultats des observations expérimentales ou autres. On considère que l'accord corrobore l'hypothèse, sans être une preuve définitive ; et qu'un désaccord manifeste une réfutation ou une falsification¹⁷⁷ ».

Il est remarquable d'observer qu'ici toute référence à la réfutabilité a totalement disparu du discours de Popper (le terme de réfutabilité – ou de falsifiabilité - est absent des deux essais de 1945 et 1956), seule la réfutation est mise en avant. Une explication possible serait de considérer que dans un écrit de philosophie politique Popper souhaite aller à l'essentiel sans rentrer dans les subtilités de son système théorique. Peut-être, cependant il n'est pas avare de détails quand il s'agit, par exemple, de donner des précisions sur la notion d'explication causale (la rupture d'un fil sous l'action d'un poids) ; cette dernière reprend textuellement la section 12 de *La logique de la découverte scientifique*¹⁷⁸. Il s'agit ici avant tout de différencier les prophéties inconditionnelles des historicistes des prédictions conditionnelles des sciences théoriques. Les difficultés et limites de la réfutation, qui comme nous le montrerons, requièrent la réfutabilité, n'ont pas dans ce contexte à être évoquées ; seules comptent la prédictibilité et la confrontation directe avec l'expérience, confrontation hélas absente en sciences historiques, lesquelles ne peuvent se reposer sur la reproductibilité de l'expérience (voir la partie II.2). Il faut frapper fort et frapper dur ; Popper en oublie-t-il l'importance de la réfutabilité ? Cela est difficile à dire, mais toujours est-il que cette dernière est quasi absente des écrits de cette période.

¹⁷⁷ POPPER Karl R., *Misère de l'historicisme* (1956), trad. d'Hervé Rousseau, révisée par Renée Bouveresse, Paris, Editions Plon, collection Agora, 1988, pp. 166-167.

¹⁷⁸ *Ibid.*, p. 155.

Conjectures et réfutations est une œuvre épistémologiquement importante de Popper. Rappelons qu'elle ne forme pas un ensemble homogène mais correspond à une compilation de conférences et d'articles. Si sa première édition date de 1963, de nombreux textes lui sont assez antérieurs. Le chapitre premier intitulé « La science : conjectures et réfutations » correspond à une conférence prononcée en 1953. Il s'agit d'un récit en partie biographique qui permet à Popper de « reformuler » ses considérations de 1919-1920, considérations relatives au critère de démarcation (et à l'induction). Concernant le critère de démarcation, Popper développe une argumentation conclusive en sept points. Regardons de plus près les quatre derniers.

« 4) Une théorie qui n'est réfutable par aucun événement qui se puisse concevoir est dépourvue de caractère scientifique. Pour les théories, l'irréfutabilité n'est pas (comme on l'imagine souvent) vertu mais défaut.

5) Toute mise à l'épreuve véritable d'une théorie par des tests constitue une tentative pour en démontrer la fausseté (*to falsify*) ou pour la réfuter. Pouvoir être testée c'est pouvoir être réfuté (...).

6) On ne devrait prendre en considération les preuves qui apportent confirmation *que dans les cas où elles procèdent de tests authentiques subis par la théorie en question* ; on peut donc définir celles-ci comme des tentatives sérieuses, quoiqu'infructueuses, pour invalider (*to falsify*) telle théorie (...).

7) (...) une nouvelle interprétation *ad hoc* [permet] de soustraire la théorie à la réfutation. Une telle démarche demeure toujours possible, mais cette opération de sauvetage a pour contrepartie de ruiner ou, dans le meilleur des cas d'oblitérer partiellement la scientificité de la théorie (...).

On pourrait résumer ces considérations ainsi : *le critère de la scientificité d'une théorie réside dans la possibilité de l'invalider, de la réfuter ou encore de la tester*¹⁷⁹ ».

Ces quatre items sont tous malheureusement bâtis autour du verbe pouvoir (ou de noms de la même famille comme possible ou possibilité), qui comme nous l'avons indiqué ne permet pas de discriminer la puissance de la potentialité et la potentialité de la nécessité. Popper définit le critère de démarcation à partir du verbe réfuter et de ses dérivés (réfutable...), termes trop peu précis qui ne permettent pas de conclure directement avec certitude sur les intentions de l'auteur. En effet, réfuter (ou falsifier) traduit aussi bien l'idée de réfutabilité que celle de réfutation¹⁸⁰. Contrairement à *La logique de la découverte scientifique* où la réfutabilité (falsifiabilité) est constamment mise en avant comme équivalence du critère de démarcation, ici, il n'apparaît dans

¹⁷⁹ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique* (1963), trad. de Michelle-Irène et Marc B. de Launay, Paris, Payot, 2006, p. 64.

¹⁸⁰ Entendue comme la mise en œuvre de tests exposant une hypothèse à réfutation (voir note n° 84).

aucun des sept items conclusifs. A l'opposé, un certain nombre d'indicateurs suggèrent implicitement que la réfutation (ou falsification) devient prédominante :

Item (4) : la théorie doit être réfutable par un évènement qui puisse se concevoir. Evènement renvoie à un phénomène réel concret, dans *La logique de la découverte scientifique*, Popper aurait plutôt parlé d'énoncés falsificateurs virtuels.

Item (5) : il présente la réfutation. Est soulignée la mise à l'épreuve véritable de la théorie par des tests.

Item (6) : importance des *tests authentiques*.

Item (7) : une interprétation *ad hoc* permet de soustraire la théorie à la *réfutation*. Dans *La logique de la découverte scientifique*, le caractère *ad hoc* d'une hypothèse est toujours associé à la réfutabilité¹⁸¹.

Par deux fois¹⁸², dans la suite du texte, Popper parle de réfutabilité, mais cette dernière semble être introduite de façon assez mécanique et n'est pas développée ici comme devrait l'être un point aussi central de sa thèse. Un lecteur de la conférence de 1953 de *Conjectures et réfutations*, ignorant des travaux précédents de Popper, devrait avoir une interprétation très concrète et matérielle et non pas potentielle du critère de démarcation.

Le *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique* (1956) a un statut un peu particulier. Bien que le manuscrit originel ait été écrit, selon W.W. Bartley¹⁸³, pendant les années 1951-1956, sa publication a été sans cesse retardée à cause des gros problèmes de vue dont souffrait Popper et qui ne lui permettaient pas de corriger les épreuves. Ces corrections

¹⁸¹ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.* pp. 78-79.

¹⁸² A la page 68 de *Conjectures et réfutations* (1963), on peut lire l'énoncé isolé suivant : « Ultérieurement, sans doute vers 1928 ou 1929, j'ai appelé ce premier problème le "*problème de la démarcation*". Le critère de réfutabilité apporte en effet une solution à ce problème, puisqu'il spécifie que des énoncés ou des systèmes d'énoncés doivent pouvoir entrer en contradiction avec des observations possibles ou concevables ».

¹⁸³ Voir l'avant-propos du *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1956), trad. d'Alain Boyer et Daniel Andler, Paris, Hermann, 1982, 1990.

perdurèrent donc sur une assez longue période qui dépasse sûrement par endroit le cadre temporel de la présente partie. Seul le livre I, intitulé *Le réalisme et la science*, contient un développement important relatif au critère de démarcation.

La démarcation est le titre du chapitre II du *Post-scriptum I* qui comprend environ une trentaine de pages. Cependant, comparativement à *La logique de la découverte scientifique*, l'exposé du critère, comme méthode distinctive des énoncés scientifiques et non scientifiques, reste ici assez général. Popper rappelle bien qu'il a fait « de la testabilité ou réfutabilité ou falsifiabilité un critère de la nature scientifique des systèmes théoriques¹⁸⁴ » mais sans plus de précisions sur les caractéristiques du critère. Il s'agit surtout d'opposer son critère au vérificationnisme, notamment freudien, et au critère de signification wittgensteinien. On remarque cependant que Popper cherche à se démarquer d'une interprétation dogmatique de son critère et par voie de conséquence d'une interprétation trop théorique et rigide. Il souligne, par exemple, que ce n'est pas une « question purement pédantesque¹⁸⁵ » ou qu'« il n'a pas été conduit au problème du critère par le dogme philosophique de la falsifiabilité¹⁸⁶ ». Il soutient aussi à plusieurs reprises qu'il « ne croit d'aucune manière à la possibilité d'une quelconque démarcation rigoureuse entre la science et la métaphysique¹⁸⁷ ». Popper s'est toujours attaché à montrer les liens, notamment heuristiques, qu'il existe entre la métaphysique et la science¹⁸⁸, comme par exemple avec la théorie atomistique démocritéenne ou l'importance centrale du soleil chez Platon qui préfigurent les théories atomistique et héliocentrique modernes. Mais ici, comme il le montre avec la théorie phénoménalisme de Mach, et sa remise en question par l'interprétation einsteinienne du mouvement brownien, c'est plutôt à la confrontation directe avec

¹⁸⁴ *Ibid.* p. 192.

¹⁸⁵ *Ibid.* p. 177.

¹⁸⁶ *Ibid.* p. 192.

¹⁸⁷ *Ibid.* p. 177.

¹⁸⁸ Voir par exemple, l'article du chapitre 11 de *Conjectures et réfutations*, « La démarcation entre la science et la métaphysique », rédigé en 1955.

l'expérience que Popper pense et donc à la réfutation et les problèmes qui en découlent. On retrouve, de façon générale, une place prépondérante de la réfutation par rapport à la réfutabilité comme le montre cet extrait :

« Mon but (...) est de montrer que le “problème de la démarcation” a toujours été pour moi un problème pratique, celui de l'évaluation des théories, de l'estimation de leurs prétentions. Il ne s'agissait d'aucune façon d'un principe de classement ou d'une pierre de touche permettant de distinguer une discipline appelée science d'une autre appelée métaphysique. Il s'agissait bien plutôt d'une question pratique et urgente : à quelles conditions est-il possible un recours critique à l'expérience – recours qui puisse être fécond ? ¹⁸⁹».

Evidemment la notion de problème pratique peut se comprendre en plusieurs sens, et la praticité de la question n'a pas forcément à être entendue comme un passage à l'acte obligatoire (quoique le recours critique à l'expérience soit évoqué) puisque qu'il s'agit des prétentions scientifiques des théories. Cependant le discours tranche avec celui de *La logique de la découverte scientifique* où on ne retrouve jamais cette association entre le problème de la démarcation et l'idée de problème pratique.

La section 22 a pour objet l'étude de l'asymétrie entre réfutation et vérification et rappelle l'importance des tests cruciaux lors de la réfutation. Popper y fait référence à son étude sur le même sujet dans *La logique de la découverte scientifique*. Mais curieusement, ce n'est pas de réfutation et de vérification dont il s'agissait en 1933, mais de réfutabilité et de vérifiabilité : « Ma proposition est fondée sur une asymétrie entre la vérifiabilité et la falsifiabilité¹⁹⁰ ». D'un point de vue strictement logique, réfuter un énoncé universel (comme « tous les cygnes sont blancs ») au sens de la réfutabilité ou de la réfutation, correspond toujours à la vérifiabilité ou à la vérification d'un énoncé existentiel qui en est sa négation (« il existe un cygne noir »). Que l'on soit dans le domaine de la potentialité ou de l'effectivité concrète, les règles logiques devraient

¹⁸⁹ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1956), p. 191.

¹⁹⁰ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op. cit.* p. 38. Signalons cependant qu'en conclusion de son paragraphe du *Post-Scriptum*, Popper parle une fois de falsifiabilité et de vérifiabilité (*op.cit.* p. 201).

demeurer opératoires¹⁹¹. Cependant lors des premiers travaux de Popper, les relations logiques du critère de démarcation sont invariablement associées à la virtualité des énoncés et jamais aux tests empiriquement réalisés. S'agit-il simplement, comme nous l'évoquions en introduction de la présente partie, d'un changement de vocabulaire totalement anodin ou bien cela veut-il dire plus ? Nous pensons que ce choix est significatif de la façon dont Popper perçoit son propre critère lors de cette période. Parler de réfutation et de vérification signifie clairement que la démarche logique du critère accompagne nécessairement une expérimentation qui se veut être en acte. On retrouve encore, par exemple, cette association de la logique et de la réfutation empirique dans la phrase suivante :

« Si je dis d'un énoncé strictement existentiel et isolé qu'il est "métaphysique", ce n'est pas parce qu'il est "difficile" à vérifier, mais parce qu'il est *logiquement impossible de le falsifier* empiriquement, ou encore de le tester¹⁹² ».

On verra que l'Introduction du *Post-scriptum I* et les ajouts dans le texte apportés par Popper en 1982, parce qu'ils s'y opposent, confirment en quelque sorte cette interprétation.

Il est intéressant de revenir sur le refus de Popper de parler de démarcation tranchée et de comparer cette position avec celle du premier Popper de *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1931-32).

Post-scriptum I (1956):

« Il ne saurait y avoir de démarcation tranchée entre science et métaphysique – et si démarcation il y a, il faut se garder d'en surestimer l'importance. Je n'en soutiens pas moins que le problème de la démarcation est d'une portée considérable¹⁹³ ».

Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance (1931-32) :

« Toute forme d'empirisme doit, avant toute chose, exiger de la théorie de la connaissance qu'elle protège la science empirique contre les prétentions de la métaphysique : la théorie de la connaissance

¹⁹¹ Cependant, voir partie III.B.

¹⁹² POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1956), *op.cit.*, p. 201.

¹⁹³ *Ibid.*, p. 179.

doit établir un critère rigoureux et universellement applicable permettant de distinguer les propositions des sciences empiriques des assertions métaphysiques (“critère de démarcation”)¹⁹⁴».

L'évolution du discours est importante. En 1931-32, hérité des conceptions des positivistes logiques, le critère de démarcation doit être « rigoureux et universellement applicable ». Rappelons qu'il forme avec l'induction l'un des deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance. Par contre en 1956, il ne faut point en « surestimer l'importance ». Comme nous l'avons signalé, Popper assouplit sa position et l'extrait du *Post-scriptum* sonne comme un renoncement à établir un critère absolu. Le problème de la démarcation devient « d'une portée considérable », non plus parce qu'il permettrait de classer les énoncés en scientifiques et métaphysiques, mais parce qu'il représente un problème philosophique fondamental. Cette nouvelle approche éclaire sur les difficultés inhérentes à la démarcation et doit être mise en relation avec le glissement opéré au cours des décennies 1940-1950 de *potentia* vers *agere*. Nous verrons qu'une orientation vers l'agir, conditionnée par les prétentions, en quelque sorte, illégitimes de la potentialité, sera elle-même brimée par les difficultés de la réfutation empirique.

Bien sûr, il s'agit d'orientations épistémologiques, de tendances, et en aucune façon, on ne peut affirmer péremptoirement que Popper renonce, à cette période de sa vie, à la réfutabilité comme critère de scientificité, pour la remplacer par la réfutation. Car, si tel avait été le cas, l'annotation de l'édition anglaise de *La logique de la découverte scientifique* parue en 1959, aurait été l'occasion d'en rediscuter l'importance. Cependant certaines notes comme la (*I) de la page 272 montrent que l'inflexion identifiée lors de cette période est bien réelle. En effet, alors qu'il s'agit d'étudier ici les conditions de corroboration d'une théorie (que nous préciserons plus en aval dans notre étude), Popper affirme qu'en absence de la restriction aux énoncés de base

¹⁹⁴ POPPER Karl R., *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1931-32), *op.cit.*, pp. 27-28 et aussi p. 440.

acceptés, la définition de la corroboration devient « [son] critère de démarcation¹⁹⁵ ». Comme on le voit, en identifiant la corroboration (certes sans la restriction) au critère de démarcation, l'aspect fondamentalement potentiel de la réfutabilité est ici totalement évacué.

3. Place du critère dans une épistémologie évolutionniste

Les années 1960 et 1970 sont très fécondes. Popper participe à de nombreuses conférences et publie des essais. Après la parution de *Conjectures et Réfutations* en 1963, trois nouveaux ouvrages voient le jour au cours des dix années suivantes : *La connaissance objective* (1974) rassemble des textes écrits entre 1965 et 1971, *La quête inachevée* (1974), et en collaboration avec John Eccles, *The self and Its Brain* (1977), sans compter les « Replies to my critics » de *The Philosophy of Karl Popper* (1974) édité par Paul Arthur Schilpp. Ces livres témoignent des inflexions nouvelles que prend en ces années la pensée de Popper. En effet la situation intellectuelle a évolué ; parallèlement au déclin de l'hégémonie du positivisme logique, les thèses poppériennes sur l'induction, la vérification et la réfutation, acquièrent une reconnaissance qui dépasse le cercle étroit des épistémologues et gagnent même la sphère scientifique et plus généralement culturelle¹⁹⁶. Popper s'intéresse à de nouveaux champs épistémologiques et il s'interroge notamment sur la façon dont la connaissance scientifique peut s'accroître. Dans ce contexte, le critère de démarcation n'est plus étudié pour lui-même, mais il apparaît en filigrane dans le cadre de l'étude du progrès (i), de la formation et de l'évolution (ii) de la connaissance objective.

(i) Le chapitre 10 de *Conjectures et Réfutations* qui s'intitule « Vérité, rationalité et progrès de la connaissance scientifique » est à ce titre très intéressant. Il reprend les conférences de 1960 et 1961, et est présenté par Popper comme comportant des « développements essentiels

¹⁹⁵ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.* p. 272.

¹⁹⁶ Voir l'introduction.

des conceptions exposées dans *La logique de la découverte scientifique*¹⁹⁷», et a pour objectif d'exposer un critère de progrès scientifique, c'est-à-dire de préciser dans quelles conditions une théorie peut être vectrice de connaissances scientifiques nouvelles. Il ne s'agit donc pas d'un critère de démarcation entre énoncés scientifiques et non scientifiques, mais bien plutôt d'un critère qui officierait à l'intérieur de l'ensemble des énoncés scientifiques pour distinguer les théories les plus progressistes et donc qui se positionnerait postérieurement au critère de démarcation. On pense évidemment à la corroboration dont le degré s'élève avec le nombre de cas corroborant. Mais ce chapitre est l'occasion pour Popper de revenir sur des notions importantes qui touchent aussi au critère de démarcation, car le degré de corroboration a partie liée avec le degré de falsifiabilité ; une théorie fortement réfutable est un formidable instrument exploratoire d'expériences nouvelles de corroboration.

Popper identifie trois réquisits fondamentaux auxquels doit obéir toute nouvelle théorie scientifique :

« Voici le premier : il est nécessaire que la théorie nouvelle procède d'une idée unificatrice simple, inédite et puissante quant à un lien ou un rapport quelconques (...) entre des éléments (...), des phénomènes (...) ou des entités théoriques nouvelles (...) que l'on avait pas songé, jusque-là, à mettre en relation.

(...) la deuxième de nos conditions.

Nous exigeons (...) également que la nouvelle théorie puisse être testée de manière indépendante. Elle ne doit pas seulement expliquer tous les phénomènes qu'on la destine à élucider, mais il est nécessaire qu'elle comporte des conséquences nouvelles et susceptibles d'être testées (d'un type inédit, de préférence) : elle doit permettre de prédire des phénomènes qui n'ont pas été observés jusqu'alors. (...) Dès lors que la deuxième condition se trouve satisfaite, la formulation de la théorie nouvelle représente une avancée potentielle, quelle que puisse être l'issue des tests. (...)

La formulation d'une théorie satisfaisante obéit, à mon sens, à une troisième condition : il nous faut exiger que cette théorie passe, avec succès, un certain nombre de tests nouveaux et très rigoureux à la fois. (...)

La troisième des conditions posées n'est pas absolument nécessaire : une théorie impuissante à la satisfaire pourra cependant offrir une contribution importante à la science. Mais, dans une perspective différente, cette condition n'en demeure pas moins, à mon sens, réellement indispensable¹⁹⁸ ».

¹⁹⁷ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique* (1963), note 1, p. 319.

¹⁹⁸ *Ibid.*, p. 356-358.

Ces extraits sont d'un grand intérêt pour révéler précisément la pensée de Popper en termes de nécessité et non plus seulement en termes de possibilité. Remarquons tout d'abord, qu'il est tout de même étonnant d'observer que le vocabulaire spécifique de *La logique de la découverte scientifique*, comme réfutabilité (falsifiabilité), réfutation (falsification), et même critère de démarcation, que l'on retrouve dans l'ensemble de son œuvre, n'apparaissent pas explicitement ici, comme s'ils étaient devenus trop chargés, trop lourds à porter ; en d'autres termes, comme si la solution du problème nécessitait une nouvelle approche. Pourtant, ils se dessinent en filigrane du discours.

Les deux premiers réquisits - idée unificatrice simple inédite et puissante, et capacité à être testée de manière indépendante - correspondent aux « réquisits d'ordre formel¹⁹⁹ ». Si le premier réquisit est à rapprocher du critère logique présenté dans la section 5 de *La logique de la découverte scientifique* (partie I.B.1), le second est identifiable à la réfutabilité. Le troisième réquisit « d'ordre matériel » est tout simplement celui de la recherche de la réfutation conduisant éventuellement à la corroboration. Par rapport aux textes précédents, l'évolution du discours est intéressante. Si les deux réquisits formels, comme le dit Popper, sont nécessaires et exigibles, en plus de l'habituelle possibilité ou susceptibilité pour les énoncés universels d'être soumis à des tests empiriques, Popper nous annonce explicitement que le réquisit matériel n'est pas « absolument nécessaire » en un sens, mais « réellement indispensable » dans un autre sens. La nécessité se rapporte à l'absolu du réquisit formel, alors que l'indispensabilité est liée au réel, c'est-à-dire au réquisit matériel.

Donc, deux perspectives se présentent : soit l'on s'intéresse à la seule scientificité et alors le réquisit matériel n'est pas strictement nécessaire, c'est-à-dire qu'une théorie pourra appartenir au domaine de la science uniquement de par sa structure formelle, et même éventuellement lui

¹⁹⁹ *Ibid.*, p. 358.

offrir une contribution qui n'est pas moins négligeable ; soit l'on s'intéresse au progrès de la science et alors la réfutation devient la norme, puisque réellement indispensable, de toute activité scientifique. La scientificité est clairement déterminée ici par un critère de démarcation qui ne relève que de la réfutabilité puisque le réquisit matériel n'est pas absolument nécessaire. La deuxième étape, si elle suit nécessairement la première (« nous ne devons pas nous contenter des deux premières conditions²⁰⁰ »), n'est obligatoire que pour rechercher la corroboration de la théorie en question, cependant indispensable en termes de fécondité car en son absence, il n'y aurait plus de progrès scientifique : le corpus des énoncés scientifiques gonflerait inexorablement sans que l'on puisse déterminer la valeur précise, comme capacité explicative, de chaque théorie. L'idée qui sous-tend cette étape, est donc la vérité comme idée régulatrice. Démontrer l'absence de scientificité de la psychanalyse ou du marxisme ne passe pas par leur réfutation, puisque selon Popper la classe de leurs falsificateurs virtuels est vide. Popper rappelle non seulement que toute réfutation est une grande réussite en soi mais aussi qu'il ne faudrait pas trop vite oublier une théorie mise en échec par les tests, parce qu'elle témoigne de problèmes, d'idées, d'expériences, de faits souvent inédits (comme la théorie de la description probabiliste de la lumière dite BKS - Bohr, Kramers et Slater- de 1924 et réfutée dès 1925 par Bothe et Geiger).

Si, à la suite des développements des décennies 1940 et 1960, l'on pouvait rester assez dubitatif sur l'indépendance à attribuer au critère de démarcation vis-à-vis de la pratique de la réfutation, ici Popper réaffirme implicitement, à travers l'opposition des réquisits formels et matériels, la dualité du couple réfutabilité-réfutation exposée dans les années trente. Les réquisits formels semblent accéder à une certaine autonomie, mais cependant limitée : en effet, si la réfutation « n'est pas absolument nécessaire » elle accède à un statut de « réellement indispensable ». Popper est toujours confronté à un choix cornélien : soit il dissocie totalement la

²⁰⁰ *Ibid.*, p. 363.

réfutabilité de la réfutation et par conséquent il consacre la première dans le pur formalisme, soit il les associe, au moins partiellement, et la réfutation, par son rapport avec la réalité empirique devient, *de facto*, le critère de la démarcation. Or un pur formalisme ne peut être opérant pour un critère empirique (voir partie I.B.1) ; il reste à savoir si la prédiction de phénomènes testables est suffisante pour se raccrocher au monde de l'expérience (voir partie II).

Il semble néanmoins que la recherche poppérienne d'un critère de progrès consacre peu ou prou la dichotomie réfutabilité-réfutation. En caractérisant le progrès scientifique, la réfutation abandonne, par une sorte d'effet mécanique, toute prétention à caractériser la scientificité au profit de la réfutabilité. Par rapport aux contradictions de *La logique de la découverte scientifique*, Popper fait le choix d'assumer une certaine rupture entre réfutabilité et réfutation car ici, comme en témoignent les exemples qu'il apporte à son crédit, l'autonomie du critère de démarcation semble dépasser le domaine du seul principe.

(ii) Concernant les mécanismes de la formation et de l'évolution de la connaissance objective, et bien que l'idée d'une lutte entre théories rivales pour l'existence soit déjà présente dès *La logique de la découverte scientifique*²⁰¹, c'est donc aussi au cours de ces années soixante que Popper construit une théorie générale de l'évolution de la connaissance qui se calque sur la théorie de l'évolution darwinienne :

« Le développement de notre connaissance est le résultat d'un processus qui ressemble étroitement à ce que Darwin a nommé la sélection naturelle ; il s'agit de la sélection naturelle des hypothèses : notre connaissance est constituée à tout moment, par des hypothèses qui ont montré (comparativement) leur adaptation par le fait qu'elles ont survécu jusqu'à maintenant dans leur lutte pour l'existence ; une lutte entre concurrentes qui élimine les hypothèses inadaptées. (...)

Il ne s'agit pas d'un mode de présentation métaphorique, (...). La théorie de la connaissance que j'entends proposer est, pour l'essentiel, une théorie darwinienne du développement de la connaissance²⁰² ».

²⁰¹ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.* p. 108.

²⁰² POPPER Karl R., « L'évolution et l'arbre de la connaissance » (1961) in *La connaissance objective* (1972), trad. de Jean-Jacques Rosat, Champs Flammarion, © Aubier 1991, 1998, p. 396.

Popper insiste sur le fait qu'il ne s'agit pas d'une métaphore ; les hypothèses produites par l'activité humaine rentrent en concurrence et sont sélectionnées par l'expérience scientifique, seules les mieux adaptées ressortent vainqueurs. Dans le droit fil du progrès de la connaissance, ces mécanismes d'évolution sont du ressort de la seule réfutation : « La méthode fondamentale pour le développement de la connaissance reste celle de la conjecture et de la réfutation, de l'élimination des explications inadaptées (...) »²⁰³. Ces processus d'essais et d'erreurs ne sont pas valables seulement dans le domaine de la connaissance humaine, mais s'observent « de l'amibe à Einstein²⁰⁴ », selon la formule consacrée, et même chez les végétaux²⁰⁵. Lors de la conférence radiophonique du 7 mars 1972 intitulée « La doctrine de la science du point de vue évolutionniste et logique²⁰⁶ », Popper théorise cet ensemble par un schéma à trois niveaux articulé autour de la réfutation : « 1. *le problème* ; 2. *les essais de solution* ; 3. *l'élimination*²⁰⁷ ». Ce schéma s'applique universellement ; du comportement animal (apprentissage par essai et erreur) à la spéciation (adaptation de l'espèce) puis à la logique de la science. Il conduit l'auteur à rappeler les caractéristiques de la démarcation entre science et non science :

« Pour résoudre le problème de la démarcation, je propose donc le critère suivant : une théorie appartient à la science empirique si, et seulement si, elle se trouve en contradiction avec des expériences possibles, c'est-à-dire si elle est en principe falsifiable par l'expérience. Ce critère de démarcation, je l'ai appelé le "critère de falsifiabilité" ». (...)

« On peut considérer une proposition empirique, ou un énoncé d'observation qui contredit une théorie, comme une possibilité de falsification ou comme un falsificateur potentiel de la théorie en question : il suffit que l'on procède à l'observation correspondant à une falsification possible, pour que la théorie soit falsifiée empiriquement²⁰⁸ ».

²⁰³ *Ibid.*, p. 392.

²⁰⁴ *Ibid.*

²⁰⁵ POPPER Karl R., « Une épistémologie sans sujet connaissant » (1967) in *La connaissance objective* (1972) *op.cit.*, p. 231.

²⁰⁶ Editée en 1994 dans le recueil *Toute vie est résolution de problèmes* (1994), trad. de Claude Duverney, ACTES SUD, 1997.

²⁰⁷ POPPER Karl R., « La doctrine de la science du point de vue évolutionniste et logique » (1972) in *Toute vie est résolution de problèmes*, 1994, *op.cit.*, pp. 14, 16 et 20.

²⁰⁸ POPPER Karl R., *Toute vie est résolution de problèmes* (1994), *op.cit.*, pp. 37 et 43.

On retrouve ici les concepts, désormais classiques, de *La logique de la découverte scientifique* avec l'association nette du critère de démarcation avec la réfutabilité, une réfutabilité toute en potentialité. Si un doute pouvait subsister sur l'identité du critère, il se serait levé par l'appellation originale de « critère de falsifiabilité ».

Cette épistémologie évolutionniste permet à Popper de fonder une connaissance objective où l'autonomie de ce qu'il appelle le troisième monde²⁰⁹ se substitue au sujet connaissant. « Le troisième monde est un produit naturel de l'animal humain, comme la toile pour l'araignée²¹⁰ ». Certes ici, il n'est plus question de la démarcation entre énoncés scientifiques et non scientifiques, mais remarquons que, comme précédemment, en occupant le terrain des mécanismes de l'évolution de la connaissance, la réfutation semble abandonner le domaine de la scientificité ; car si la connaissance par essais et erreurs peut se concevoir comme un processus universel du vivant, on ne voit pas trop comment la science pourrait devenir autre chose que le produit de la seule humanité.

Mais le raisonnement de Popper porte en lui des conséquences qui vont au-delà des réflexions précédentes. Il est flagrant d'observer que Popper qui fustigeait toute épistémologie naturaliste (« C'est ainsi que je rejette la conception naturaliste²¹¹ ») opère ici un renversement à 180°. Le monde 3, propre à l'esprit humain, est conçu comme un produit naturel obéissant à la théorie darwinienne du développement de la connaissance. On observe une « biologisation » de la

²⁰⁹ La thèse des trois mondes, initiés dès *La société ouverte et ses ennemis* (1945), est étoffée dans les années 1967 et 1968 (« Une épistémologie sans sujet connaissant », conférence d'Amsterdam (1967) et « Sur la théorie de l'esprit objectif », conférence de Vienne (1968), in POPPER Karl R., *La connaissance objective* (1972), *op.cit.*), Popper formule à côté du monde 1, celui des objets et des forces physiques, et du monde 2, celui des états de conscience, il existe un monde 3, celui des idées comprenant tout ce qui relève de la fonction symbolique (comme le langage, les œuvres d'art, les institutions sociales et politiques etc.) et particulièrement les problèmes théoriques et les théories. Le monde 3 est le produit de l'esprit humain (contrairement aux *Idées* platoniciennes qui précèdent l'esprit), c'est le monde des « intelligibles, (...) objets possibles (ou virtuels) de notre compréhension » (*Ibid.* p. 263). Ce n'est pas un monde subjectif de la conscience, mais il possède comme caractéristiques d'être parfaitement objectif et autonome et aussi réel que les mondes 1 et 2.

²¹⁰ POPPER Karl R., « Une épistémologie sans sujet connaissant » (1967) in *La connaissance objective* (1972), *op.cit.*, p. 189.

²¹¹ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.* p. 50.

connaissance en général et de la science en particulier : « la science constitue un phénomène biologique²¹² ». Comparer avec l'aperçu global de l'image de la science de *La logique de la découverte scientifique* : « Je n'ai pas à l'esprit une image de la science envisagée comme phénomène biologique, comme instrument d'adaptation (...)»²¹³ ». L'épistémologie évolutionniste naturaliste s'oppose donc violemment à l'épistémologie normative de la méthode scientifique. Ici la rupture est totale. Popper identifie une rupture mais la considère comme antérieure à sa propre épistémologie, « on ne peut caractériser l'épistémologie classique que de prédarwinienne (...) », parce qu'elle correspondrait au passage d'une conception inductiviste à celle d'une conception par essais et erreurs. Cependant cette rupture se réalise aussi, comme nous l'avons montré, à l'intérieur même de l'épistémologie poppérienne, car si la réfutation est en œuvre comme processus naturel de progrès de la connaissance, comment peut-elle être considérée comme normative de l'activité scientifique ? Car, *in fine*, toute tentative de réfutation pourra s'interpréter comme un processus darwinien. En naturalisant l'épistémologie poppérienne, la théorie darwinienne du développement de la connaissance entraîne une rupture profonde entre la réfutation et la réfutabilité, rupture dont Popper n'a pas pris conscience. Le critère de démarcation étant éminemment normatif, il échappe *de facto* à la réfutation et devient donc du seul ressort de la réfutabilité.

4. Un critère logico-technique

Après la fin des années 1970, Popper n'écrira plus d'œuvres majeures (en 1980 Popper a alors soixante-dix-huit ans). En dehors de ses activités de conférencier qui se poursuivent, ces dernières années de sa vie (il décède en 1994) sont pour lui l'occasion d'organiser la parution

²¹² POPPER Karl R., « La doctrine de la science du point de vue évolutionniste et logique » (1972) in *Toute vie est résolution de problèmes*, 1994, *op.cit.*, p. 17.

²¹³ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.* p. 284.

d'importantes œuvres qui n'avaient pu être éditées jusque-là. *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* sont publiés en 1979, puis en 1982 paraissent les trois volumes du *Postscriptum à la logique de la découverte scientifique* (*Le réalisme et la science, L'univers irrésolu, La théorie quantique et le schisme en physique*)²¹⁴. On pourrait penser alors que tout a été dit sur le critère de démarcation. Cependant, comme il le rappelle dans sa « Lettre à Klaus Grossner » (qui a dû être écrite vers 1970), « la démarcation entre science et non-science est un problème sur lequel je ne cesse de revenir²¹⁵ ». Ainsi que nous l'avons signalé précédemment, la parution de ces deux ouvrages est l'occasion pour Popper de revenir sur des points importants qui n'auraient pas été compris par ses commentateurs (comme Thomas Kuhn²¹⁶) et notamment la nouvelle génération d'épistémologues dont certains ont été ses élèves (on pense en particulier à Imre Lakatos²¹⁷ et à Paul Feyerabend²¹⁸). Concernant la relation entre le critère et la réfutabilité ou la réfutation, ces introductions, de par leur style direct et très clair (cependant parfois en contradiction avec des œuvres antérieures) sont déterminantes et, bien qu'elles n'apportent pas une révolution conceptuelle, on peut y déceler quelques intéressantes inflexions. Malheureusement leurs parutions tardives expliquent que les plus grands critiques de son œuvre, qui ont majoritairement écrit pendant les années 1970, n'y ont pas eu accès.

L'introduction de 1978 positionne résolument la réfutabilité au centre de l'épistémologie poppérienne et tout particulièrement au centre du critère de démarcation. A propos des difficultés de la réfutation, Popper rappelle que « cette question, à savoir si la falsification a réellement eu lieu, peut être une question importante et difficile, mais elle doit être rigoureusement distinguée de la question principielle de la falsifiabilité potentielle (c'est-à-dire de celle du critère de

²¹⁴ Voir bibliographie.

²¹⁵ POPPER Karl R., *A la recherche d'un monde meilleur* (1984), trad. de Jean-Luc Evard, Edition du Rocher, Monaco, 2000, p. 149.

²¹⁶ Voir notamment les parties I.C.2 et III.A.3.

²¹⁷ *Ibid.*

²¹⁸ Voir notamment la partie III.A.3.

démarcation)²¹⁹ ». On ne saurait être plus clair, il n’y a pas lieu de confondre la réfutation et la réfutabilité, et les problèmes de la réalité de la première ne sont pas ceux de la seconde. Positionner le critère comme un principe, c’est réaffirmer son caractère éminemment propositionnel et normatif. Au lieu de cela, « si une possibilité de falsification se produit réellement » (...) alors la théorie est falsifiée : elle est fausse, réfutée²²⁰ ». Afin de bien associer la réfutabilité à la scientificité, il ajoute : « Une telle théorie fausse, falsifiée est manifestement falsifiable et a donc un caractère empirico-scientifique, bien que, par sa réfutation, elle se trouve exclue en tant que fausse (mais pas en tant que non scientifique) des hypothèses de la science reconnue du moment²²¹ ». La scientificité d’une théorie ne doit pas être confondue avec sa vérité épistémique ; alors que la première caractéristique relève de la réfutabilité (donc potentielle) cette dernière relève de sa corroboration (donc effective). La fausseté d’une théorie n’entraîne pas *de facto* son absence de scientificité, au contraire cette dernière est acquise pour toujours. Ainsi, si le statut de scientificité est un processus irréversible (sauf évidemment si le critère de démarcation a été mal appliqué), le statut d’hypothèse reconnue valide par la communauté scientifique est valable seulement *hic et nunc*. Il demeure réversible, étant tributaire des réfutations à venir. Pour illustrer la pensée de Popper, on peut présenter ces différentes possibilités en raisonnant sur l’existence fondamentale de trois corpus²²² : le corpus des énoncés théoriques métaphysiques, le corpus des théories scientifiques et le corpus des théories scientifiques corroborées. Ces corpus forment des ensembles déterminés par des relations d’inclusion ainsi que le présente le schéma ci-dessous :

²¹⁹ POPPER Karl R., *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1931-32), trad. de Christian Bonnet, Paris, Hermann, 1999, p. 18.

²²⁰ *Ibid.*, p. 17.

²²¹ *Ibid.*

²²² Popper utilise parfois le terme de « corpus scientifique ». POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1956), *op.cit.*, p. 202.

Corpus des théories scientifiques corroborées \subset Corpus des théories scientifiques \subset Corpus des énoncés théoriques métaphysiques

Tout énoncé à caractère scientifique est fondamentalement un énoncé métaphysique tant qu'il n'a pas satisfait au critère de démarcation. Nous avons vu d'ailleurs qu'un énoncé métaphysique pour Popper est un préliminaire à toute connaissance scientifique. Si sa réfutabilité est établie, par l'existence d'énoncés de base potentiellement contradictoires, alors il appartient désormais au corpus des théories scientifiques. Pour éprouver la vérité épistémique de cet énoncé théorique, les chercheurs le confrontent effectivement avec des données empiriques, de manière répétitive. Tant qu'aucun évènement proscrit par la théorie ne se trouve effectivement observé, alors, étant corroborée, la théorie est représentative de l'état de connaissance de la science du moment : elle appartient au corpus des théories scientifiques corroborées. Pour reprendre un exemple désormais très classique, la théorie de Newton bien que réfutée (pour des vitesses proches de la vitesse de la lumière) par les travaux sur la relativité d'Einstein, en satisfaisant aux réquisits du critère de démarcation demeure *in aeternam* une théorie scientifique. La figure 1 résume les étapes qui conduisent d'un corpus à l'autre. La sélection des énoncés s'appuie sur un mode binaire (oui/non), le chercheur doit rechercher la réfutabilité puis l'absence de réfutation. Les flèches de rétroaction expriment la dynamique de la démarche poppérienne, démarche qui est une remise en question permanente de la connaissance. Remarquer cependant l'absence de retour possible entre le corpus des théories scientifiques et le corpus des énoncés théoriques métaphysiques.

L'introduction de 1982 apporte des compléments terminologiques intéressants. Popper insiste tout d'abord sur les deux sens que peuvent prendre les termes de falsifiable (réfutable) et de falsifiabilité (réfutabilité).

« Par conséquent, je le répète, nous devons distinguer deux acceptations des termes “falsifiable” et “falsifiabilité” :

(1) “falsifiable” en tant que terme logico-technique, au sens du critère de démarcation : ce concept purement logique – “falsifiable en principe”, pourrait-on dire – repose sur une relation logique entre la théorie en cause et la classe des énoncés de base (ou des falsificateurs potentiels qu’ils décrivent).

(2) “falsifiable” au sens où la théorie en question pourrait être falsifiée définitivement, de manière concluante ou démontrable (démontrable falsifiable). J’ai toujours insisté sur le fait que même une théorie évidemment falsifiable au sens (1) n’est jamais falsifiable en ce sens²²³ ».

Concernant le terme de falsifiable (réfutable), Popper précise son emploi qui peut porter à confusion puisqu’il se rapporte aussi bien à la falsifiabilité (réfutabilité) qu’à la falsification (réfutation). Falsifiable au sens (1) définit la potentialité qu’ont certaines théories d’être en principe réfutées parce qu’elles possèdent des falsificateurs virtuels ; la réfutabilité étant totalement indépendante d’une éventuelle réfutation. Dans un autre sens (2), falsifiable, se rapporte à la falsification qui ne peut être définitive car il n’existe pas de preuves empiriques définitives. Plus loin dans le texte, il pousse la subtilité à distinguer une falsifiabilité₁ d’une falsifiabilité₂ dont nous nous réservons l’étude pour la suite. Signalons simplement ici que la falsifiabilité₁ concerne la possibilité pour les théories d’être en principe falsifiées, alors que la falsifiabilité₂ est relative à la possibilité problématique de démontrer la fausseté d’une théorie.

Cette mise au point est importante, mais il ne s’agit pas, à proprement parler, d’une nouvelle approche du critère de démarcation. Par contre Popper associe subrepticement au terme de

²²³ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science, op.cit.*, p. 4, (nous soulignons).

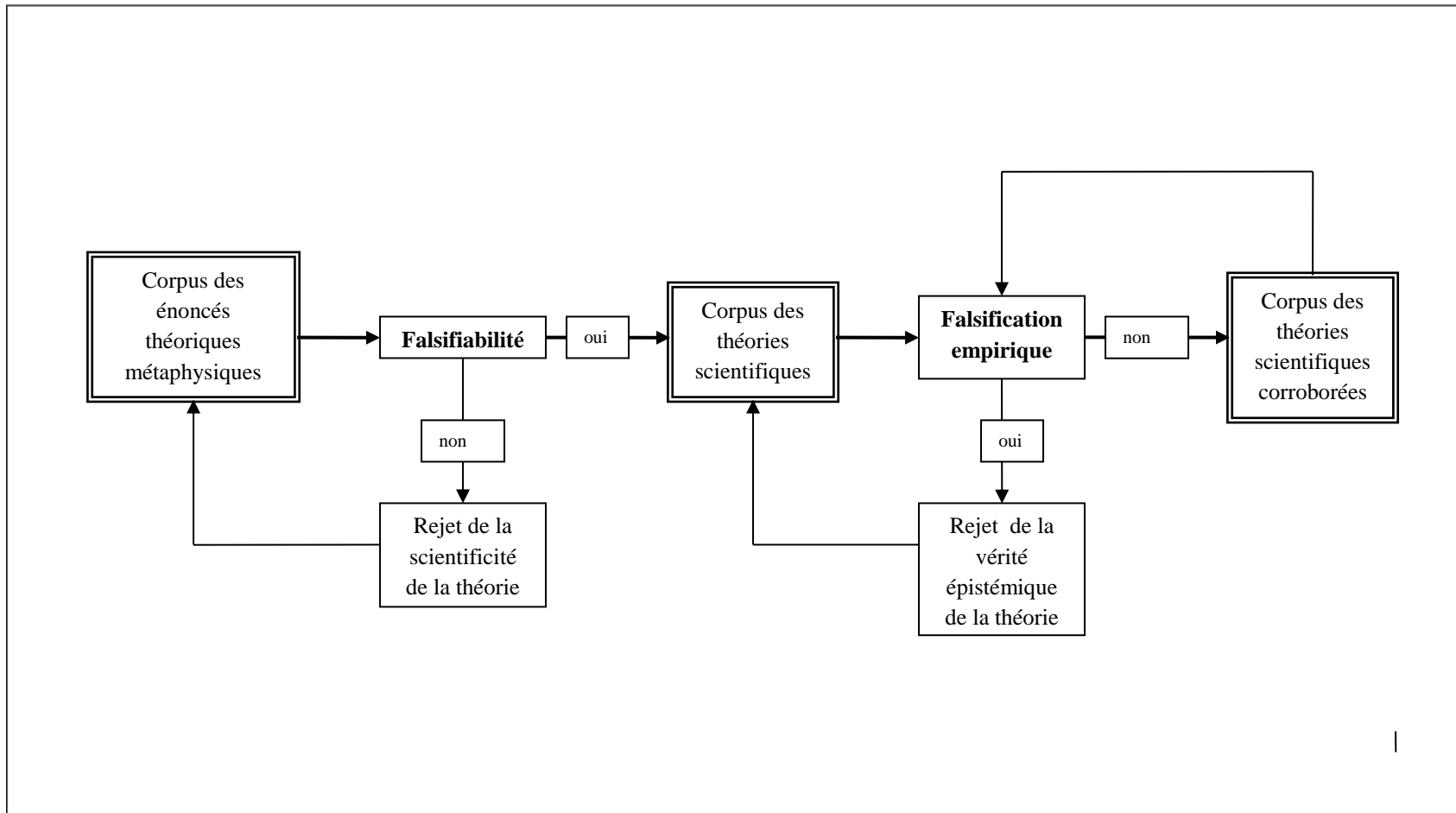


Fig. 1 - Les corpus et leur relation

logique, celui de technique, ce qui est nouveau. Dans ses écrits antérieurs, l'auteur parle parfois de technique, mais elle est invariablement associée à la réfutation ; par exemple dans le *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I*, il écrit : « Les progrès peuvent être particulièrement rapides justement dans un domaine où les normes de la critique et des techniques de tests sont très élevées, autrement dit dans un domaine où l'on dispose de théories fortement corroborées²²⁴ ». Mais dans l'introduction de 1982, la technique n'est plus requise seulement pour mettre en œuvre les tests de réfutation mais aussi la réfutabilité. Bien sûr, il existe une certaine contradiction à affirmer dans une même phrase que le critère de démarcation est « purement logique » et en même temps « logico-technique » (citation de la note 221). Cette apparente contradiction semble avoir orienté les néo-commentateurs vers une compréhension du terme de « technique » dans un sens faible qui n'engagerait pas une technique de la réfutabilité comme nous l'entendons, c'est-à-dire selon son sens étymologique, mais qualifierait uniquement en tant que terme spécialisé le mot falsifiabilité. Quoique possible, mais tout de même étonnante (la *tekhnê* étant un concept très utilisé en philosophie), cette interprétation (que nous appellerons la thèse triviale) ne nous semble d'aucun intérêt, et nous préférons prendre le risque du contresens à partir du moment où il est associé à un concept intellectuellement fécond.

Gageons plutôt que l'insistance de pure logique du critère doit se comprendre ici par opposition avec la réfutation, car nous avons vu que Popper rejetait toute forme de critère strictement logique qui ne serait pas rattaché à l'empiricité (au moins potentiellement) : « Ni la forme logique d'un énoncé, ni la nature des expressions qui y figurent ne permet à elle seule de déterminer si cet énoncé est ou non testable²²⁵ ». Si Popper choisit de lui associer le terme « technique », comme ensemble des procédés d'une science, d'un art ou d'un métier pour

²²⁴ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science*, op.cit., p. 85.

²²⁵ *Ibid.*, p. 214.

produire une œuvre ou obtenir un résultat déterminé, c'est justement pour renforcer son caractère potentiellement empirique. Le « résultat à obtenir » ici, c'est bien la possibilité (par la puissance et non pas par l'acte empirique) d'identifier la scientificité d'une théorie. Il existe une technique de réfutabilité qui répond, comme nous l'avons indiqué, à des règles méthodologiques qui résultent de décisions ; il ne s'agira donc pas d'une science de la réfutation (l'épistémologie n'est pas la science de la science), mais plutôt de l'art de la réfutation voire d'un métier pour un chercheur.

Il existe une représentation assez convenue d'une opposition entre la *tekhnê* et l'*épistémè* héritée du monde grec où la science guide la technique. Cependant cette dernière a aussi partie prenante avec la science. Galilée, souvent considéré comme le père de la physique moderne, à la fois ingénieur et savant à Padoue, n'est-il pas avant tout un constructeur de machines efficaces, qui pense la science à travers la *tekhnê* ? L'illusion ontologique d'une théorie pure ne cache-t-elle pas les « intérêts » techniques qui commandent la connaissance ? Bien que la critique de Jürgen Habermas soit dirigée contre l'idéologie, on peut souligner l'importance de la technique comme guide vers la connaissance : « dans l'autoréflexion, la connaissance et l'intérêt sont confondus²²⁶ ». Ces propos rejoignent ceux des anthropologues et des préhistoriens contemporains pour lesquels la production technique guide l'avènement de la conscience et de la connaissance, ce qu'avait bien identifié Henri Bergson pour lequel le genre *Homo* c'est d'abord un genre d'*Homo faber*²²⁷.

²²⁶ HABERMAS Jürgen, *La technique et la science comme « idéologie »* (1968), trad. de l'Allemand par Jean-René LADMIRAL, tel Gallimard, 1973, p. 157.

²²⁷ « Si nous pouvions nous dépouiller de tout orgueil, si, pour définir notre espèce, nous nous en tenions strictement à ce que l'histoire et la préhistoire nous présentent comme la caractéristique constante de l'homme et de l'intelligence, nous ne dirions peut-être pas *Homo sapiens*, mais *Homo faber*. En définitive, *l'intelligence, envisagée dans ce qui en paraît être la démarche originelle, est la faculté de fabriquer des objets artificiels, en particulier des outils à faire des outils et d'en varier indéfiniment la fabrication* », BERGSON Henri, *L'Évolution créatrice* (1907), PUF, 1962, chap. II, p. 140.

La technicité du critère de démarcation entraîne un changement intéressant dans la façon dont celui-ci peut être perçu. Si son aspect logique est associé à une certaine rigidité (notamment l'irréversibilité), son versant technique lui apporte une certaine plasticité. En effet la falsifiabilité sera dépendante des techniques de réfutation qui par définition ne sont pas figées mais évolutives ; elles dépendent de l'avancée des techniques mais aussi de la maîtrise de l'art de la réfutabilité par le chercheur. On peut trouver dans "Replies to my critics", à la section 9 (*Kneale on nonuniversal hypotheses*) une réflexion de Popper qui préfigure assez bien l'énoncé de la technicité du critère de démarcation. Il s'agit dans cette section de répondre au problème de la falsifiabilité des énoncés singuliers historiques²²⁸. Popper fait remarquer que certains énoncés historiques ne peuvent pas être contredits par d'autres énoncés historiques. Il imagine un énoncé historique napoléonien contenant un rêve pour montrer toute l'impossibilité qu'il y aurait de le réfuter. Voici l'extrait :

« Napoléon rêvait vivement la veille de Waterloo de sa défaite imminente, mais quand il se réveilla, il ne put se souvenir de rien de son rêve, et il ne s'en rappela jamais ; néanmoins, inconsciemment, son rêve le secoua tellement qu'il ne fut pas lui-même durant la bataille ».

Puis il ajoute : « Je ne vois aucune possibilité de jamais tester cet énoncé, et je le regarderais comme impossible à tester, au moins dans l'état actuel des connaissances, mais je pourrais imaginer (quoique je ne croie pas un seul instant que ça arrivera un jour) un avancement de nos connaissances qui pourrait modifier même cet énoncé fantaisiste en énoncé testable²²⁹ ».

Vouloir réfuter cet énoncé, qui est non seulement historique mais aussi fictionnel, est totalement illusoire. Cependant, comme le souligne Popper, il en subsiste toujours une possibilité logico-technique qui dépend en dernier ressort de l'état de nos connaissances. Ce cas limite montre bien

²²⁸ Voir partie II.C.4.

²²⁹ ("Napoleon dreamt vividly, on the night before Waterloo, of his impending defeat, but when he woke up he could not remember anything of his dream, and he never recalled it ; nevertheless unconsciously, his vivid dream shook him so badly that he was not himself during the battle. I do not see any possibility of ever testing this statement, and I should regard it as untestable, at least in our present state of knowledge; but I could imagine (though I do not for a moment believe it will ever happen) an advancement of our knowledge which could turn even this wild statement into a testable statement " – je traduis-), POPPER Karl R., « Replies to my critics" in *The Philosophy of Karl Popper*, op.cit., p. 989.

le caractère fondamentalement potentiel du critère de démarcation non seulement dans sa relation avec l'expérience réelle mais aussi dans son évolutivité.

Que retenir de cette partie ? Tout d'abord, si l'on se réfère aux dernières parutions de Popper qui constituent en quelque sorte un retour aux sources, que le critère de démarcation entre science et non-science ne peut vraiment pas être associé à autre chose que la falsifiabilité¹ ; le faisceau d'arguments est tel qu'on ne peut plus défendre un point de vue strictement en acte, effectif, praxéologique du critère. Nous avons vu par ailleurs que l'épistémologie évolutionniste entérine *de facto* la séparation entre une réfutabilité normative et une réfutation naturaliste. Le critère de démarcation relève de la potentialité (Thomas Khun le qualifie de logico-syntactique²³⁰) et *in fine*, est logico-technique. Ce dernier extrait permettra sûrement d'achever de convaincre les plus sceptiques : « La falsifiabilité, au sens du critère de démarcation, ne signifie pas qu'une falsification puisse être obtenue en pratique ou que, si on l'obtient, elle soit à l'abri de toute contestation²³¹ ». Il s'ensuit que toute théorie déclarée scientifique (ayant donc satisfait aux réquisits du critère) réfutée empiriquement, appartiendra cependant *in aeternum* au corpus des énoncés scientifiques : « *De mortuis nil nisi bene*²³² : après réfutation, le caractère empirique des théories se trouve préservé et rien ne vient diminuer l'éclat²³³ ». Deuxièmement, et contrairement à l'avis de la majorité des commentateurs, si le critère de démarcation est toujours resté au cœur de la philosophie de Popper, il n'a pas toujours été présenté de façon univoque, sans contradictions et à l'identique tout au long de sa vie. Bien que le philosophe ait cherché à minimiser les variations apportées pour en donner une certaine cohérence et unité, le critère a évolué au gré des sujets de recherche (place de l'induction, de la philosophie politique,

²³⁰ Voir partie I.C.3.

²³¹ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science*, *op.cit.*, p. 3.

²³² (« Des morts, on ne doit parler qu'en bien » - je traduis-).

²³³ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique* (1963), *op.cit.*, p. 355.

développement de l'épistémologie évolutionniste...), des luttes philosophiques (contre le Cercle de Vienne, Kuhn, Lakatos, Feyerabend...) et de la psychologie de l'auteur. Popper le reconnaît d'ailleurs du bout des lèvres (à propos du critère de démarcation) : « Mon exposé n'a peut-être pas toujours été suffisamment clair²³⁴ ». Troisièmement, ces variations, si elles peuvent trouver aussi des explications par l'étude de la psychologie du personnage et la sociologie des sciences, se comprennent d'un point de vue philosophique, par un tiraillement fondamental entre *potentia* et *agere*, tiraillement en œuvre non seulement lors de la mise en place du critère mais aussi au cours de son évolution, et qui fait paradoxalement de l'empiricité du critère de démarcation une empiricité théorique, potentiellement empirique. On retrouve ici tout l'héritage du maître de Königsberg : « Mais si toute notre connaissance débute AVEC l'expérience, cela ne prouve pas qu'elle dérive toute DE l'expérience²³⁵ ». N'oublions pas que pour Popper, si le problème de l'induction est « le problème de Hume », celui de la démarcation est « le problème de Kant »²³⁶. Quatrièmement, que cette bipolarisation entre *potentia* et *agere* qui oscille de l'opposition à la fusion, mérite d'être comprise et critiquée, tant du point de vue de l'épistémologie poppérienne que de la philosophie des sciences ; ce qui est l'objet des chapitres suivants.

²³⁴ POPPER Karl R., *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1931-32), trad. de Christian Bonnet, Paris, Hermann, 1999, p. 18.

²³⁵ KANT Emmanuel, *Critique de la raison pure* (1781), traduction de A. Tremesaygues et B. Pacaud, Paris, 6^{ème} édition, Quadrige, P.U.F., 1944, 2001, p. 31.

²³⁶ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, *op.cit.*, p. 30.

C. Un critère de démarcation entre *potentia* et *agere*

1. Réfutabilité et réfutation : approches synthétiques

Avant d'aborder le problème de la liaison entre réfutabilité et réfutation, il paraît nécessaire de bien préciser ces deux notions, en essayant de synthétiser l'ensemble des développements et des aboutissements poppériens. Ces concepts ayant été maintes fois l'objet d'étude, nous avons opté pour des schémas synoptiques qui, s'ils n'ont pas toujours la rigueur d'un texte argumentatif, ont pour eux l'avantage de la clarté, de la didactique et aussi l'originalité. La figure 2 est une représentation simplifiée des étapes de la démarche falsificatrice de Popper qui s'inspire notamment des conférences de 1960 et 1961 (« Vérité, rationalité et progrès de la connaissance scientifique »). Les figures 3 et 4 détaillent respectivement les étapes de la réfutabilité et de la réfutation en intégrant les points qui nous ont semblé essentiels pour comprendre la démarche poppérienne (et notamment les dernières remarques de 1979 et 1982). Bien qu'il soit toujours difficile de bien rendre compte précisément de la signification des flèches, celles en caractère gras lient les étapes successives qui sont nécessaires à la démarche scientifique. Les autres flèches symbolisent généralement les réquisits et conséquences peut-être moins centraux mais néanmoins fondamentaux de cette démarche. Il nous a paru intéressant d'y faire figurer (pour les deux derniers schémas) les corpus présentés précédemment.

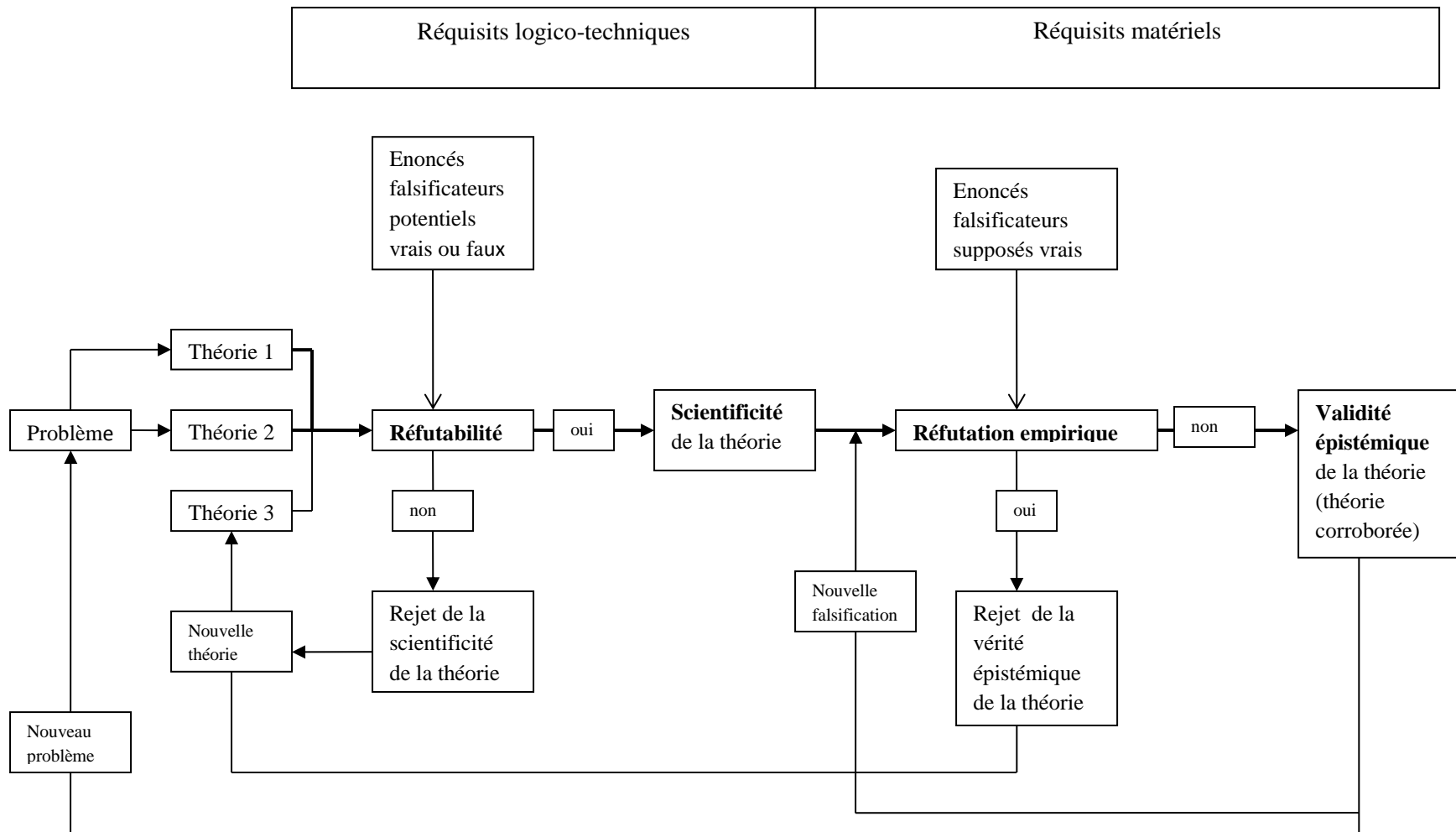


Fig. 2 - Représentation simplifiée des étapes de la démarche falsificatrice de Popper

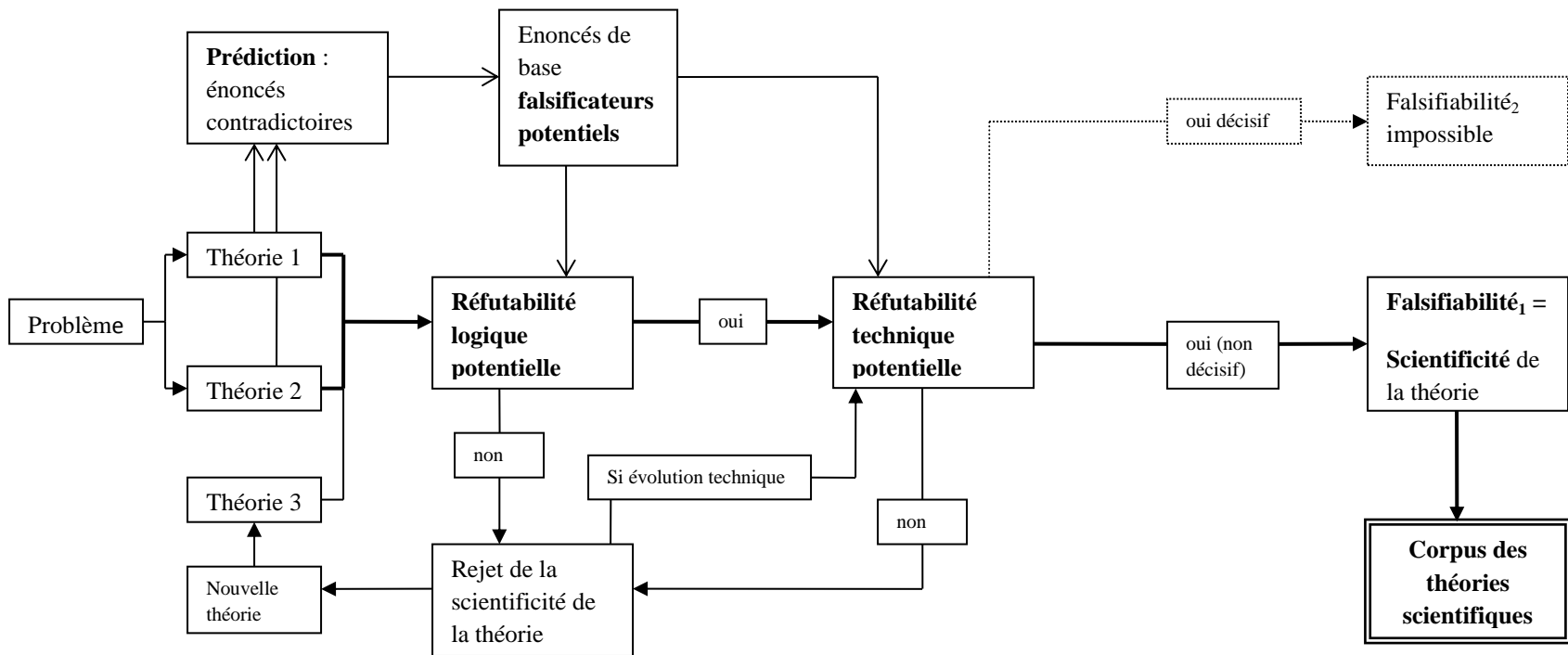


Fig. 3 - Représentation des étapes de la réfutabilité (interprétation non triviale)

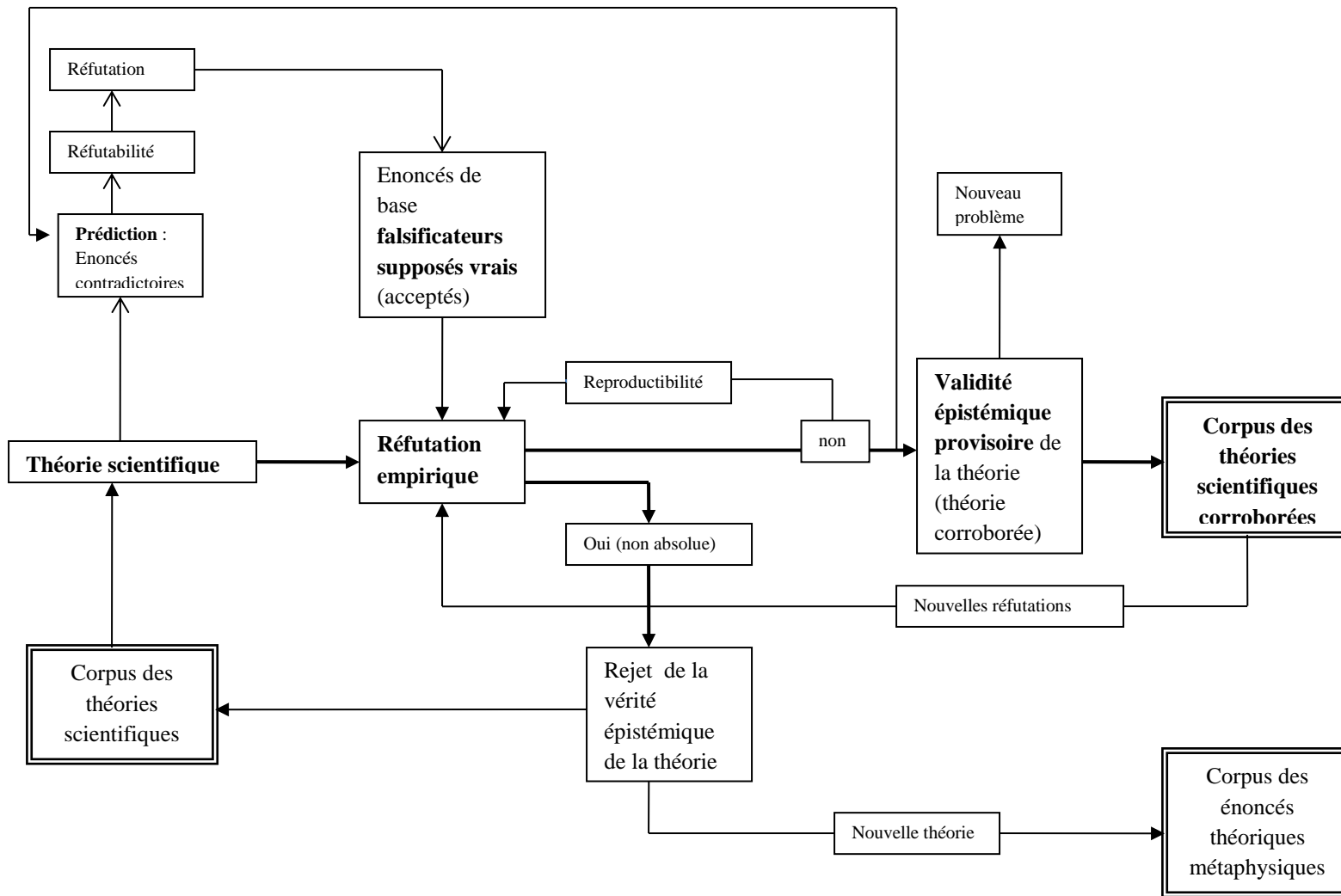


Fig. 4 - Représentation des étapes de la réfutation

Commentaires de la figure 2 : La démarche falsificatrice s'ancre sur le couple problème-théorie. Il s'agit d'une étape évidemment essentielle mais dont l'initiation de la mise en œuvre, comme nous l'avons indiquée, n'est pas pour Popper du domaine de l'épistémologie (conception antinaturaliste). Les théories rivales en compétition doivent satisfaire aux réquisits logico-techniques afin d'éprouver leur scientificité (c'est le critère de démarcation), puis aux réquisits matériels afin d'éprouver, ce que nous avons nommé, leur vérité empirique c'est-à-dire leur capacité à rendre compte des faits d'observation. On observe que les prédictions, qui consistent à formuler des énoncés en contradiction avec la théorie ou énoncés de base²³⁷, constituent l'étape essentielle du test des théories. Des différences importantes apparaissent entre la réfutabilité et la réfutation et les énoncés de base y jouent deux rôles distincts :

« Nous avons, d'une part, utilisé le système de tous les énoncés de base logiquement possibles dans le but de pouvoir, avec son aide, caractériser d'un point de vue logique ce que nous étions en train de rechercher, à savoir la forme des énoncés empiriques. D'autre part, les énoncés de base acceptés constituent le fondement de la corroboration des hypothèses²³⁸ ».

La réussite de la théorie passe par sa capacité potentielle à être réfutable (réponse oui), puis sa capacité effective à ne pas être réfutée (réponse non). « C'est toujours nous qui formulons les questions à poser à la nature ; c'est nous qui sans relâche essayons de poser ces questions de manière à obtenir un 'oui' ou un 'non' ferme²³⁹ ». Les énoncés falsificateurs potentiels sont indifféremment vrais ou faux car ce qui importe ici c'est la relation logique qu'ils entretiennent avec la théorie (il suffit qu'ils lui soient potentiellement contradictoires). Par contre les énoncés falsificateurs permettant la réfutation empirique doivent être « vrais », ou plutôt supposés vrais (ou énoncés de base acceptés) car l'épistémologie poppérienne est faillible –la vérité ne peut être connue de façon absolue-, pour pouvoir se confronter à la vérité de la théorie :

²³⁷ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., p. 29.

²³⁸ *Ibid.*, p. 86.

²³⁹ *Ibid.*, p. 286.

« Soit un énoncé de base ou un ensemble fini d'énoncés de base. Sont-ils vrais ou non ? La question reste à jamais ouverte : les reconnaître pour vrais, c'est peut-être une erreur (...). En revanche, si nous supposons vrais nos énoncés de base, ils peuvent *falsifier* une loi universelle²⁴⁰ ».

Si la théorie n'est pas potentiellement réfutable, elle n'est donc pas déclarée scientifique, le chercheur sera quitte à en proposer une nouvelle. Si la théorie est réfutée, comme nous l'avons souligné, sa scientificité n'est pas remise en cause mais comme sa vérité épistémique est nulle, ce résultat encouragera le scientifique à chercher une nouvelle théorie. Si la théorie est corroborée, elle poursuit l'épreuve de réfutation *ad aeternam*, sa vérité épistémique se renforçant au fil des épreuves (vérisimilitude²⁴¹) et ce jusqu'à une possible réfutation.

L'émergence de nouveaux problèmes peut subvenir en tout lieu de la démarche, mais il faut insister sur la force heuristique de l'acquisition transitoire de la vérité épistémique d'une théorie. C'est ce que Popper résume sous la forme d'un schéma tétradique : $P_1 \rightarrow TT \rightarrow EE \rightarrow P_2$ où P_1 désigne la situation problématique de départ (*Problem*), TT une théorie à l'essai (*Tentative Theory*) comprise comme une solution conjecturale inventive, EE la procédure d'élimination de l'erreur (*Error Elimination*) et P_2 de nouveaux problèmes²⁴². Ce schéma déductif s'articule autour de l'élimination de l'erreur. L'acte falsificateur a trois conséquences importantes : il nous apprend (le cas échéant) que la théorie est fautive et aussi pourquoi elle l'est ; et surtout nous faisons la conquête, généralement inintentionnellement, d'un ou de nouveaux problèmes mieux appréhendés, points de départ authentiques de nouveaux développements scientifiques. L'évaluation du progrès dans la connaissance s'effectue en comparant P_1 avec P_2 : la théorie conjecturale sera justement corroborée par sa capacité à générer de nouveaux problèmes ou à expliquer des sous problèmes.

²⁴⁰ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science*, op.cit., p. 203.

²⁴¹ Nous utiliserons le terme poppérien de vérisimilitude comme synonyme d'approximation de la vérité, sans pour autant faire référence à « la théorie de la vérisimilitude » de Popper mise en échec par David Miller.

²⁴² « Une épistémologie sans sujet connaissant », conférence d'Amsterdam (1967) et « Sur la théorie de l'esprit objectif », conférence de Vienne (1968), in POPPER Karl R., *La connaissance objective* (1972), op.cit. p. 198 et p. 260.

Commentaires de la figure 3 : La réfutabilité permet donc de statuer sur le caractère scientifique de toute nouvelle hypothèse ou théorie scientifique (critère de démarcation). Elle s'appuie fondamentalement sur les capacités prédictives de la théorie, c'est-à-dire sa capacité à générer un ou plusieurs énoncés de bases falsificateurs potentiels (énoncés singuliers existentiels d'observation contredisant la théorie). Soit l'exemple classique d'énoncé universel « tous les cygnes sont blancs », l'énoncé de base « il existe à tel endroit et à tel moment un cygne noir » est un énoncé falsificateur de la théorie. Un énoncé de base falsificateur représentant une expérience potentielle contredisant la théorie (l'énoncé universel), peu importe donc qu'il soit vrai : « Il est important de ne pas exiger que l'énoncé de base soit vrai²⁴³ ». Idéalement, la particularité de toute nouvelle théorie doit être telle qu'elle comporte des conséquences nouvelles, de préférence inédites et susceptibles d'être testées.

Bien que la réfutabilité forme un tout cohérent, nous l'avons dissociée en deux phases, la réfutabilité logique potentielle et la réfutabilité technique potentielle, afin de bien mettre en valeur cette dualité intrinsèque. Comme nous l'avons indiqué précédemment, le caractère « logico-technique²⁴⁴ » du critère de démarcation est souligné dans l'introduction de 1982, mais certains passages d'écrits antérieurs peuvent être interprétés dans ce même sens ; par exemple on peut lire dans *La logique de la découverte scientifique* :

« Je n'exigerai pas d'un système scientifique qu'il puisse être choisi, une fois pour toutes, dans une acceptation positive mais j'exigerai que sa forme logique soit telle qu'il puisse être distingué, au moyen de tests empiriques, dans une acceptation négative : *un système faisant partie de la science empirique doit pouvoir être réfuté par l'expérience*²⁴⁵ ».

La réfutabilité s'appuie avant tout sur une relation logique entre la théorie et la classe des énoncés de base qui sont des falsificateurs potentiels. Du point de vue de la logique classique, le mode d'inférence falsifiant est le *modus tollens*. Soit *t* une théorie et *p* l'une de ses

²⁴³ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science, op.cit.*, p. 2.

²⁴⁴ *Ibid.*, pp. 4 et 6.

²⁴⁵ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique, op.cit.*, p. 37.

conclusions ($t \rightarrow p$), alors que si p est vrai on ne peut rien conclure logiquement sur la vérité de t , si p est faux, on peut conclure que t est faux ($((t \rightarrow p) \wedge \neg p) \rightarrow \neg t$)²⁴⁶. Précisons que cette relation logique n'a pas à être confondue avec la cohérence interne (absence de contradiction) qui représente la première exigence d'une théorie²⁴⁷. La présence de falsificateurs virtuels de la théorie est une condition nécessaire mais non suffisante pour conclure à la scientificité, car il faut aussi que cette relation soit techniquement testable, comme par exemple, l'observation d'un cygne noir : « Le 16 mai 1934, entre dix et onze heures du matin, un cygne noir se tenait devant la statue de l'impératrice Elisabeth dans le Volksgarden, à Vienne²⁴⁸ ». Rappelons qu'il importe peu que cette observation soit réelle, il faut et il suffit qu'elle contredise l'énoncé universel et qu'elle soit techniquement réalisable. Si nous comparons avec l'exemple du rêve de Napoléon, on voit immédiatement que si la classe des falsificateurs virtuels n'est pas vide (par exemple : « Napoléon n'a pas fait de rêve de guerre dans la nuit du 17 au 18 juin 1915 » ou « Napoléon a rêvé de victoire dans la nuit du 17 au 18 juin 1915 »), il s'agit d'énoncés qui ne sont pas actuellement testables. Popper ajoute même, comme nous l'avons signalé : « je pourrais imaginer (quoique je ne croie pas un seul instant que ça arrivera un jour) un avancement de nos connaissances qui pourrait modifier même cet énoncé fantaisiste en énoncé testable »²⁴⁹. La réfutabilité logique est déterminée une fois pour toutes, par comparaison la réfutabilité technique potentielle est fonction de l'état de nos connaissances mais aussi de la capacité des chercheurs à élaborer des tests qui permettent effectivement la réfutation. On peut citer en exemple la controverse née de la publication dans la revue *Nature*

²⁴⁶ Nous suivons ici l'écriture de Popper, *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., p. 74. La seconde implication est une déduction dont on peut rendre compte de façon métalinguistique : $((t \rightarrow p) \wedge \neg p) \vdash \neg t$. Le théorème de déduction de Herbrand (1930) autorise le passage symétrique entre une déduction et une formule implicative par l'intermédiaire du métasigne \vdash .

²⁴⁷ « [Notre système empirique] devra, tout d'abord, être *synthétique*, de manière à pouvoir représenter un monde possible, non contradictoire », *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., p. 36.

²⁴⁸ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science*, op.cit., p.2.

²⁴⁹ (“I could imagine (though I do not for a moment believe it will ever happen) an advancement of our knowledge which could turn even this wild statement into a testable statement ” – je traduis-), POPPER Karl R., « Replies to my critics ” in *The Philosophy of Karl Popper*, The Library of Living Philosophers, edited by Paul Arthur Schilpp, 1974, p. 989.

en 1988²⁵⁰ de l'article sur « la mémoire de l'eau » de Jacques Benveniste. Toute la difficulté, pour des dilutions aussi élevées (Benveniste a travaillé sur des concentrations allant jusqu'à 10^{-22}), c'est justement de mettre techniquement au point des expériences qui permettraient la réfutation de l'hypothèse.

Parce qu'il n'existe pas, selon Popper²⁵¹, de preuves empiriques définitives permettant la réfutation (cette question sera étudiée dans la partie I.C.4), cette dernière n'est jamais décisive, c'est pourquoi la scientificité d'une théorie sera admise à l'issue de la falsifiabilité₁.

Commentaires de la figure 4 : La réfutation correspond donc à la confrontation effective de la théorie avec les énoncés de base supposés vrais (ou acceptés). Les théories qui en sortent indemnes forment le corpus des théories scientifiques corroborées, c'est-à-dire la science effective de l'époque considérée.

« Celles de nos théories qui se révèlent opposer une résistance élevée à la critique et qui paraissent, à un moment donné, offrir de meilleures approximations de la vérité que les autres théories dont nous disposons, peuvent, assorties des protocoles de leurs tests, être définies comme 'la science' de l'époque considérée²⁵² ».

Il s'ensuit que la corroboration d'une théorie ne dit absolument rien sur son destin ultérieur ; une théorie corroborée au temps t_1 peut atteindre un niveau de corroboration plus élevé comme être réfutée ou bien supplantée par une théorie rivale au temps t_2 . Un énoncé universel comme une théorie ne peut être dit en soi corroboré (ce n'est pas une valeur de vérité) mais seulement par rapport à un certain système d'énoncés de base acceptés *hic et nunc*. La corroboration, contrairement à la vérification, est donc une propriété toujours révisable, et non une caractéristique intrinsèque et éternelle d'une théorie. Pour accepter la corroboration d'une théorie, on ne saurait se satisfaire d'une simple et unique confrontation.

²⁵⁰ BENVENISTE Jacques, DAVANAS E., BEAUVAIS F., AMARA J., OBERBAUM M., ROBINZON B., MIADONNAI A., TEDESCHI A., POMERANZ B., FORTNAR P., BELON P., SAINTE-LAUDY J., POITEVIN B., *Human basophil degranulation triggered by very dilute antiserum against IgE*, *Nature* 333, 816-818 (30 Jun 1988).

²⁵¹ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science*, *op.cit.*, pp. 4 et 5.

²⁵² POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique* (1963), *op.cit.*, p. 10.

« Les évènements non reproductible n'ont pas de signification pour la science. Aussi quelques énoncés de base isolés en contradiction avec une théorie, ne nous déciderons guère à rejeter cette théorie comme falsifiée. Nous ne la considèrerons falsifiée que si nous découvrons un effet reproductible qui la réfute²⁵³ ».

Cette reproductibilité est représentée par la flèche circulaire. Mais au-delà de l'aspect reproductible, il importe aussi que la théorie soit confrontée aux tests les plus sévères, c'est-à-dire correspondant à des « tentatives sérieuses²⁵⁴ » de réfutation et évidemment qu'elle ait résisté avec succès.

Les énoncés de base susceptibles d'être confrontés à la théorie, proviennent, comme pour la réfutabilité, du caractère fondamentalement prédictif de la théorie. Cependant, afin que la réfutation puisse éliminer les théories fausses par *modus tollens*, puisque tel est l'objectif de cette étape, il faut que les énoncés de base aient une certaine valeur de vérité : « Si nous supposons vrais nos énoncés de base, ils peuvent *falsifier* une loi universelle²⁵⁵ » (comparer avec la citation relative à la réfutabilité). Nous insistons sur ce point car certains auteurs²⁵⁶, confrontés à la faillibilité de l'épistémologie poppérienne, versent dans un relativisme généralisé et se refusent à admettre la possible fausseté d'une théorie réfutée. Pourtant Popper est univoque à ce propos :

²⁵³ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p. 85.

²⁵⁴ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science*, *op.cit.*, p. 253.

²⁵⁵ *Ibid.* p. 203.

²⁵⁶ Par exemple Daniel Pimbé, auteur d'un très intéressant *Essai sur la théorie de la connaissance de Karl Popper* (Paris, L'Harmattan, 2009), *L'explication interdite*, lors de la présentation de la falsifiabilité poppérienne, affirme que « quand viendra l'expérience réelle, elle ne justifiera pas la vérité ni la fausseté de l'énoncé, elle motivera tout au plus la décision de l'accepter ou de le refuser. Il n'est donc pas réellement possible d'apporter la preuve empirique qu'une théorie est fausse et d'imposer universellement cette conclusion » (p. 111). Le Popper d'après 1935, sensibilisé à la conception objectiviste et absolutiste de la vérité d'Alfred Tarski (« grâce à l'enseignement de Tarski, je n'hésite plus à parler de vérité et de fausseté », *La logique de la découverte scientifique*, *op.cit.*, note (*I) p. 279), ne pourrait souscrire à un tel résultat, qui devrait plutôt être rapproché des thèses de Lakatos (« falsificationnisme dogmatique », voir partie I.C.3), car la fausseté n'est pas étrangère à son épistémologie. S'il est évidemment impossible de statuer sur la vérité d'une théorie (notamment à cause de l'invalidité logique de l'induction), la démarche « falsificationniste » de Popper a justement pour objectif de pouvoir discriminer les théories fausses de celles qui ne le sont pas. De très nombreux passages le montrent, en voici un autre exemple : « Il faut distinguer le problème de la démarcation de celui, bien plus important, de la vérité : des théories dont on a montré qu'elles étaient fausses, par exemple les formules du rayonnement de Raleigh-Jeans et de Wien, ou le modèle de l'atome de Bohr (1913), peuvent néanmoins conserver le statut d'hypothèses scientifiques empiriques », *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science*, *op.cit.*, p. 1 (Noter, s'il en était encore nécessaire, que cet extrait montre bien l'appartenance possible au corpus des théories scientifiques de théories fausses (i.e. réfutées empiriquement)).

« Peut-on, par le fait d'admettre la vérité de certains énoncés expérimentaux, justifier, soit l'affirmation qu'une théorie universelle est vraie, soit l'affirmation qu'elle est fausse ?
A ce problème, ma réponse est positive : oui, le fait d'admettre la vérité de certains énoncés expérimentaux nous autorise parfois à justifier l'affirmation qu'une théorie explicative universelle est fausse²⁵⁷ ».

Pour statuer sur la vérité supposée d'un énoncé de base, ce dernier doit lui-même passer au crible de la réfutabilité mais aussi de la réfutation afin d'être accepté (temporairement). L'on a vu que si les énoncés de base, falsificateurs potentiels des théories n'ont pas à être vrais (mais logiquement contradictoires avec la théorie), les énoncés de base acceptés, falsificateurs réels des théories doivent être considérés vrais (à défaut de l'être effectivement). Lorsque nous acceptons l'énoncé de base capable de réfuter empiriquement une théorie, nous explique Popper, nous prenons une « décision (...) conformément à une série organisée de règles²⁵⁸ ». Parmi ces règles il s'agit de ne pas accepter des énoncés de base logiquement isolés, mais des énoncés de base que « nous pouvons facilement mettre à l'épreuve²⁵⁹ ». C'est parce qu'il est toujours possible de tester intersubjectivement les énoncés de base et de proposer un verdict, comme pourrait le faire un jury, que les énoncés de base peuvent être considérés comme vrais (*vere dictum* = dit vrai). Les énoncés de base potentiellement falsificateurs, pour être intersubjectivement acceptés, sont mis à l'épreuve par les mêmes tests que les énoncés théoriques. La seule différence réside dans le fait « que les énoncés en faveur desquels on décide par un accord ne sont *pas des énoncés universels mais des énoncés singuliers*²⁶⁰ ». Evidemment cette étape, comme le reconnaît Popper²⁶¹, contient les germes d'une régression à l'infini, mais cette dernière peut être écartée car il ne s'agit pas ici de s'assurer de la vérité absolue des énoncés de base acceptés mais d'atteindre un certain niveau d'acceptation

²⁵⁷ POPPER Karl R., *La connaissance objective* (1972), *op.cit.*, p. 47 et 48.

²⁵⁸ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, *op.cit.*, p. 109.

²⁵⁹ *Ibid.* p. 104.

²⁶⁰ *Ibid.* p. 109.

²⁶¹ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, *op.cit.*, p. 44 et Note (* I) p. 85.

intersubjective (comme le montre la célèbre métaphore de la science s'édifiant sur un marécage et non sur une base rocheuse²⁶²).

On trouvera une étude pratique de réfutations, dans le cadre de la Théorie de l'Induction Généralisée (ou TIG) mise en jeu par Jacques Monod au cours des années 1950, dans la troisième partie de la thèse (III.A.1, notamment figure 11).

Avec la réfutation, nous rentrons de plain pied dans le domaine de l'action, de l'agir. De par sa position seconde par rapport à la réfutabilité elle est fondamentalement hétéronome car elle n'a aucune raison d'être sans la première : une théorie ne pourra passer au révélateur de la réfutation que si elle a été déclarée dument réfutable. Il s'ensuit qu'elle hérite de toutes les difficultés théoriques auxquelles la réfutabilité a déjà été confrontée, auxquelles se rajoutent ses propres incertitudes. Incertitudes de la réfutation empirique, incertitudes de la corroboration et surtout incertitudes du savoir acquis.

2. Les difficultés de la démarcation poppérienne

Popper, contrairement à certains philosophes qui ont revendiqué une philosophie volontairement hermétique réservée aux seuls initiés (comme par exemple Heidegger), a toujours plaidé pour une clarté et une lisibilité maximale de ses œuvres. On peut donc penser que le déploiement de subtilités plus ou moins compliquées inhérentes à la réfutabilité et à la réfutation, correspondent à de vraies exigences épistémologiques qui sont la résultante d'une démarche intellectuelle éventuellement confrontée à des difficultés particulières. Les réponses apportées par Popper, soit par anticipations aux objections, soit contre les attaques de son critère peuvent être révélatrices des tensions et apories qui naissent du couple réfutabilité-réfutation, entre *potentia* et *agere*.

Classiquement le « falsificationnisme²⁶³ » est confronté à quatre principales difficultés (il s'agit ici des difficultés à l'application des principes de Popper et non pas des

²⁶² *Ibid.* p. 111.

problèmes liés à son utilisation effective par les scientifiques, ce qui fera l'objet de la partie III.A.) :

(1) L'utilisation de « stratagèmes conventionnalistes » ou plus généralement de « stratégies immunisantes » (Hans Albert) : il est toujours possible de protéger une théorie de la réfutation en changeant le sens des termes qui entrent dans la formulation d'une hypothèse scientifique ou d'introduire des hypothèses *ad hoc* qui permettent d'attribuer l'apparente réfutation à l'intervention d'éléments inaccessibles au contrôle expérimental. Après une longue période de réussite empirique, la mécanique de Newton fut confrontée à un certain nombre d'anomalies dont la plus classique est celle relative au périhélie de Mercure. Les conventionnalistes, comme Henri Poincaré, Gaston Milhaud et Edouard Le Roy expliquent le succès historique d'une telle théorie, par une prise de décision méthodologique des hommes de science. Cette dernière consiste finalement à empêcher la réfutation théorique par l'utilisation d'hypothèses *ad hoc*. Rappelons que ce qui distingue, en termes poppériens, une hypothèse *ad hoc* d'une hypothèse auxiliaire c'est son impossibilité d'être testée²⁶⁴. Une théorie n'étant pas une entité purement linguistique, tout changement dans le sens des termes ou tout ajout d'hypothèse incontrôlable conduisent finalement subrepticement à changer de théorie. Les artifices sémantiques et les hypothèses *ad hoc* ont été vigoureusement dénoncés par Popper notamment dans *La logique de la découverte scientifique* (sections 19 et 20) où il associe au critère, la décision volontariste de toujours accepter le verdict négatif de l'expérience.

²⁶³ Nous entendons par « falsificationnisme », terme pratique mais qui peut être ambiguë, l'ensemble des procédés inhérents à la réfutabilité et à la réfutation. Par ailleurs, Popper indique dans l'introduction (1978) de *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1932), « l'expression *falsificationnisme*, à laquelle certains de mes critiques ont trop facilement recours, favorise la confusion des deux questions [*i.e.* la question de la falsifiabilité et celle de la falsification] » (*op.cit.* p. 18).

²⁶⁴ POPPER Karl R., « Replies to my critics » in *The Philosophy of Karl Popper* (1974), *op.cit.*, p. 986.

(2) Les objections probabilistes : un énoncé probabiliste n'est pas réfutable (et ni vérifiable)²⁶⁵. Concernant les prédictions de nature probabiliste, les « bayésiens » mettent en avant leur impossible réfutation par un nombre fini d'observations.

(3) La thèse dite de Duhem-Quine : Duhem souligne dans *La théorie physique, son objet, sa structure* (1906) qu'un test négatif ne condamne pas une hypothèse isolée mais tout un ensemble théorique²⁶⁶. L'expérience informe qu'un ensemble d'hypothèse est faux, mais ne nous indique pas où git l'erreur. Quine²⁶⁷ généralise cette thèse en considérant que chaque épreuve met en cause toutes nos connaissances à la fois.

(4) Le problème de la base empirique : les énoncés de base, comme nous l'avons montré, ont une fonction fondamentale dans la réfutabilité et la réfutation. En tant qu'énoncés d'observation, ils contiennent une référence anthropologique obligatoire qui rend leur objectivité difficile mais néanmoins nécessaire dans tout processus de réfutabilité et de réfutation. Comme le souligne Larry Laudan, quand une anomalie apparaît entre la théorie et les données, « on pourrait tout aussi bien décider d'abandonner les données²⁶⁸ » plutôt que la théorie. De façon générale est posé ici le problème de la relation entre la théorie et les données empiriques.

Contre les deux premières objections, Popper a développé une argumentation assez complète qui ne relève pas du couple réfutabilité-réfutation (certaines considérations probabilistes seront néanmoins étudiées par la suite). Ce dernier concerne essentiellement les

²⁶⁵ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique, op.cit.*, p. 266.

²⁶⁶ « En résumé le physicien ne peut jamais soumettre au contrôle de l'expérience une hypothèse isolée, mais seulement tout un ensemble d'hypothèses ; lorsque l'expérience est en désaccord avec ses prévisions, elle lui apprend que l'une au moins des hypothèses qui constitue cet ensemble est inacceptable et doit être modifiée ; mais elle ne lui désigne pas celle qui doit être changée », DUHEM Pierre, *La théorie physique, son objet, sa structure* (1906), Vrin, Paris 1981, p. 284.

²⁶⁷ « Quant à moi, en m'inspirant essentiellement de la doctrine carnapienne du monde physique dans l'*Aufbau*, je propose l'idée que nos énoncés sur le monde extérieur sont jugés par le tribunal de l'expérience sensible, non pas individuellement, mais seulement collectivement », QUINE Willard V. O., « Two Dogmas of Empiricism », *The Philosophical Review*, 60, 1951, p. 20 à 43. Trad. de Pierre Jacob, « Les deux dogmes de l'empirisme », *De Vienne à Cambridge, l'héritage du positivisme logique de 1950 à nos jours*, Paris, Gallimard, 1996, p. 115.

²⁶⁸ LAUDAN Larry, *La dynamique de la science* (1977), trad. Philip Miller, Bruxelles, Pierre Mardaga Editeur, 1987, p. 47.

problèmes (3) et (4) c'est-à-dire les incertitudes du « falsificationnisme », que nous allons maintenant présenter et plus longuement la base empirique représentée par les énoncés de base.

Contrairement à ce que d'aucuns ont affirmé, Popper a toujours eu conscience des problèmes soulevés par l'argument de Duhem. Il souligne par exemple, dans *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1931-32) que la simple lecture d'une aiguille d'un instrument de mesure physique ne met pas à l'épreuve uniquement une hypothèse mais tout un ensemble d'hypothèses (optique géométrique, corps rigide, théorie euclidienne des domaines limités, « hypothèse substantialiste » etc.)²⁶⁹. Face à cette impasse, la première réponse de Popper consiste à en appeler aux directives méthodologiques : « Nous devons protéger la falsifiabilité [*sic*] contre les objections de Duhem et les autres penseurs conventionnalistes par nos décisions méthodologiques²⁷⁰ ». Ces décisions méthodologiques, sont celles qui régissent l'acceptation des énoncés de base (voir ci-dessous), c'est-à-dire l'intersubjectivité. C'est le débat critique entre scientifiques qui permet de prendre la décision de conserver telle partie de la théorie et d'abandonner telle autre partie, des décisions qui pourraient même amener à mettre en cause des principes auparavant jugés irrésistibles. Par ailleurs, Popper fait remarquer que la réfutation n'opère pas sur une théorie isolée (réfutacionnisme dogmatique comme l'appelle Lakatos), mais sur au moins deux théories en concurrence qui partagent les mêmes connaissances d'arrière-plan (*background knowledge*). Les théories concurrentes qui sont incompatibles mais pas forcément contradictoires partagent en commun un savoir constitué conséquent ; il s'ensuit que l'on ne teste qu'une « partie d'un système²⁷¹ », et non alors un système complet comme l'affirme Quine.

²⁶⁹ POPPER Karl R., *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1931-32), *op.cit.*, p. 408.

²⁷⁰ *Ibid.*, p. 410.

²⁷¹ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique* (1963), *op.cit.*, pp. 171 et 172.

Popper élabore la base empirique de son système dans une période d'intenses discussions, au sein du Cercle de Vienne, sur la nature des énoncés d'observation. Rudolph Carnap, inspiré des travaux de Wittgenstein²⁷² a fait paraître un important essai afin de construire les bases de « la physique unifiée ». C'est dans *La construction logique du monde* (1928)²⁷³ (raccourci généralement en « *Aufbau* »), que Carnap entend réduire les concepts de tous les domaines à un nombre minimal d'éléments de base. Un concept scientifique est dit « constitué » dès lors qu'il existe une chaîne de définition qui le réduit à des termes renvoyant à l'expérience immédiate. Les éléments de base, point de départ de la construction, sont les vécus élémentaires de l'homme ; c'est donc une base auto-psychique, c'est-à-dire composée d'objets psychologiques appartenant au même sujet. Les énoncés scientifiques peuvent être traduits dans une grammaire symbolique. Pour autant, pour être constitués, ils doivent pouvoir se réduire à des énoncés primitifs formulés dans le langage d'observation et qui n'ont besoin d'aucune justification, énoncés appelés « énoncés protocolaires ». Il s'agit d'énoncés de protocoles originaux qui décrivent le contenu d'une expérience immédiate et permettent de fonder la connaissance empirique, notamment face à la nécessité de se positionner par rapport au « trilemme de Fries »²⁷⁴. Cependant la base auto-psychique des énoncés protocolaires est dénoncée par Neurath²⁷⁵ qui parvient, contre Schlick, à convaincre Carnap d'abandonner le langage phénoménaliste pour adopter le langage physicaliste. Il s'agit alors de reconnaître l'existence d'une langue physicaliste unifiée permettant de parler des choses physiques et de

²⁷² On peut utilement rappeler ici un point fondamental du *Tractatus logico-philosophicus* : « La totalité des propositions vraies est toute la science de la nature (ou la totalité des sciences de la nature)²⁷² » (WITTGENSTEIN Ludwig, *Tractatus logico-philosophicus* (1921), *op.cit.*, 5.473, p.112). La science énonce des propositions authentiques (possédant une signification) qui sont des fonctions de vérité des énoncés d'observation. En d'autres termes, s'il nous était donné de connaître tous les énoncés d'observation vrais, nous connaîtrions toute la science de la nature.

²⁷³ CARNAP Rudolf, *La Construction logique du monde* (1928), trad. d'Elisabeth Schwarz et Thierry Rivain, Paris, J. Vrin, 2002.

²⁷⁴ Terme popularisé par Popper (parfois appelé « trilemme de Münchhausen ») hérité du philosophe sceptique Agrippa (1^{er} siècle av. J.C.). Il s'agit de la justification des énoncés empiriques par dogmatisme / régression à l'infini / psychologisme. FRIES Jakob F., *Neue oder anthropologische Kritik der Vernunft* (1807).

²⁷⁵ NEURATH Otto, « Énoncés protocolaires », (1933), paru dans la revue *Erkenntnis*, in A. Soulez dir., *Manifeste du Cercle de Vienne et autres écrits*, *op.cit.*, p. 219–231.

leurs mouvements dans l'espace et le temps. Les actes de la perception sont conçus de manières béhavioriste comme des processus biologiques chez des individus particuliers. Les énoncés scientifiques doivent être réduits à des énoncés portant sur les propriétés et le mouvement dans l'espace et le temps d'entités physiques, ce qui conduit à adopter une terminologie spatio-temporelle (« *observable-thing predicate* » ou langage des choses observables). Cependant une importante différence subsiste entre les énoncés protocolaires de Carnap et de Neurath ; contrairement au premier qui les considère comme une donnée fondamentale ultime et non discutable, Neurath les conçoit comme propre à chaque expérimentateur et à ce titre révocables. Pour Popper, c'est un progrès important qui évite de tomber dans le psychologisme²⁷⁶. Cependant il reste encore à déterminer comment éliminer ou accepter les énoncés d'observation sans verser dans l'arbitraire absolu. C'est là que Popper propose d'utiliser des règles permettant d'objectiver la base empirique. Les énoncés de base partagent avec les énoncés protocolaires le fait de décrire le comportement d'objets physiques observables et situés spatio-temporellement : il s'agit d'énoncés existentiels singuliers²⁷⁷ (du type : « il y a ou il existe à tel endroit et tel moment telle chose... »). Cependant quatre points fondamentaux différencient les énoncés de base des énoncés protocolaires :

(a) Les énoncés de base, comme indiqués précédemment, ne sont pas des données absolues et irrévocables ; ils sont néanmoins intersubjectivement détectables par les différents sens. En tant qu'énoncé existentiel restreint tout énoncé de base peut être soumis à des tests et donc susceptible de réfutation.

(b) Les énoncés de base sont imprégnés de théorie. Ils contiennent nécessairement des termes universels qui « transcendent » l'expérience au même titre que les lois. Pour Popper, les lois transcendent l'expérience parce qu'elles vont « au-delà » de n'importe quel nombre

²⁷⁶ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p. 95.

²⁷⁷ « Les énoncés de base doivent avoir la forme d'énoncés existentiels singuliers²⁷⁷ », POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, *op.cit.*, p. 101.

fini de leurs illustrations observables. Les énoncés singuliers supposent des lois universelles car tous les termes universels sont dispositionnels. Voici un exemple classique de Popper :

« L'énoncé « Il y a ici un verre d'eau » appelle un nombre infini et inépuisable de tests – chimiques, par exemple – du fait que l'eau, comme toute chose, n'est reconnaissable qu'à la régularité nomologique de son comportement. Ainsi le concept « eau » est dispositionnel, comme tout autre concept universel. Même « rouge est dispositionnel, car l'énoncé « Cette surface est rouge » affirme que cette surface a une disposition à refléter la lumière rouge²⁷⁸ ».

Les énoncés singuliers transcendent aussi l'expérience parce que les termes universels présents impliquent des dispositions à se comporter conformément à des lois ; ce sont toujours « des interprétations des 'faits' à la lumière de théories²⁷⁹ ».

(c) N'ayant pas pour objectif la vérification des théories, les énoncés de base sont émis, au contraire, pour invalider, pour détruire la théorie. Ils ont une forme logique telle qu'ils interdisent un évènement prédit par la théorie et sont donc initialement virtuels (avant, qu'une fois leur vérité supposée, ils deviennent des énoncés de base acceptés). A l'opposée la théorie affirme que les énoncés de base sont faux²⁸⁰.

(d) Il s'ensuit que, alors que les énoncés protocolaires sont quantitativement limités, la classe des énoncés de base falsificateurs de la théorie, si elle n'est pas vide, contiendra toujours un nombre illimité d'énoncés. Ces énoncés spatio-temporellement définis, ou occurrences, décrivent un même évènement typique (= énoncés homotypiques), ils sont autant d'énoncés potentiellement falsificateurs. De même un évènement correspond à ce qui peut être typique ou universel dans une occurrence. Comme « une théorie exclut, ou interdit, non seulement une occurrence mais toujours *au moins un évènement*²⁸¹ », raisonner en termes d'évènements permettra donc d'atteindre un degré minimum de généralité et donc laisse la place aux accords intersubjectifs (*consensus omnium*).

²⁷⁸ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1983), *op.cit.*, p. 129.

²⁷⁹ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, Appendice * X, *op.cit.*, p. 432.

²⁸⁰ *Ibid.* p. 84.

²⁸¹ *Ibid.* p. 88.

Comme on le voit, la caractérisation des énoncés de base est relativement précise et ils ne sont pas rares les auteurs qui ont pu faire une faute logique à leur propos²⁸².

L'ensemble des éléments présentés, notamment l'incertitude de la base empirique, met en avant la difficulté, si ce n'est l'impossibilité, de s'appuyer sur une réfutation définitive. Pour de nombreux observateurs, l'« hadhocité » et le faillibilisme sont consubstantiels à toute démarche de réfutation. Imre Lakatos, élève de Popper, a développé une critique en règle du falsificationnisme poppérien, une des critiques conceptuellement les plus abouties.

²⁸² Afin de montrer la difficulté qu'il existe à bien caractériser un énoncé de base d'un point de vue spatio-temporel, nous proposons un petit examen critique de deux positions qui nous semblent erronées.

(i) Manifestement, un observateur aussi pénétrant qu'Imre Lakatos n'a pas pris en compte la dimension événementielle de l'énoncé de base. Il reproche à Popper une faute de logique quand ce dernier considère que l'énoncé « K est une machine à mouvement perpétuel » puisse être un énoncé de base réfutant la première loi thermodynamique sous prétexte qu'il ne s'agit pas d'un énoncé spatio-temporellement singulier c'est-à-dire d'une occurrence (LAKATOS Imre, "Histoire des sciences et ses reconstructions rationnelles" (1971) in *Histoire et méthodologie des sciences* (1978), trad. fr. Paris, PUF, 1996, p. 224 et note 2 même page). L'énoncé de Popper est logiquement différent de l'énoncé existentiel suivant « il existe une machine à mouvement perpétuel » (*Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science, op.cit.*, p. 200) qui ne peut être falsificateur, au contraire de l'énoncé « K est une machine à mouvement perpétuel » qui contient la classe des énoncés homotypiques décrivant l'évènement en question, qui sont eux-mêmes définis spatio-temporellement.

(ii) Certains observateurs font au contraire la faute logique opposée ; pour satisfaire la reproductibilité de l'énoncé de base, ils l'érigent en un énoncé existentiel strict (c'est-à-dire non localisé spatio-temporellement). François Tournier propose l'énoncé « Il existe au moins un cygne noir » comme falsificateur potentiel de l'énoncé universel strict « Tous les cygnes sont blancs ». Son argumentation est la suivante : « pour pouvoir falsifier une hypothèse, un évènement ne doit pas être simplement hasardeux (comme un effet non reproductible survenu au cours d'une seule expérimentation) mais répétable » (« Un retournement dans la philosophie de K.R. Popper » in *PHILOSOPHIQUES*, Vol. XVIII, Numéro 1, Printemps 1991, <http://id.erudit.org/iderudit/027141ar>, p. 74). Certes d'un point de vue logique l'énoncé proposé est la négation du premier, cependant ce n'est pas la seule forme logique de l'énoncé qui importe (condition nécessaire mais non suffisante), mais bien sa relation potentielle avec l'expérience. Un énoncé existentiel strict ne peut pas être falsificateur d'un énoncé universel strict car il ne s'agit pas d'un énoncé empirique étant donné qu'il ne décrit aucun évènement typique. Comme le rappelle Popper dans *La logique de la découverte scientifique* « seul un énoncé universel pourrait être [en contradiction avec un énoncé existentiel] » (*op.cit.*, p. 67). Rappelons de plus qu'un énoncé existentiel strict tel « Il existe au moins un cygne noir » n'est pas réfutable (voir la seconde partie) et il ne peut donc être un énoncé de base. Popper donne à ce propos l'énoncé suivant : « Le 16 mai 1934, entre dix et onze heures du matin, un cygne noir se tenait devant la statue de l'impératrice Elisabeth dans le Volksgarden, à Vienne » (*Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1983), *op.cit.*, p. 2) ; mais on peut tout aussi simplement proposer : « "le vilain petit canard" est le cygne noir du zoo de la Barben ». En d'autres termes, si la condition spatio-temporelle d'un énoncé existentiel n'est pas formulée explicitement, elle doit l'être implicitement par une restriction quelconque de l'énoncé (ici le nom du cygne apporte implicitement une information temporelle).

3. Du falsificationnisme dogmatique au falsificationnisme sophistiqué : le point de vue d'Imre Lakatos

Lakatos souligne que les hypothèses qui portent les nouvelles théories sont bien souvent *ad hoc*. Leur contenu excédentaire, par rapport aux théories précédentes, est modifié par bribes en ne s'étendent que progressivement à de nouveaux domaines empiriques. Il faudrait ainsi les considérer positivement, car elles donnent une sorte de répit aux nouvelles théories tout en ayant un rôle heuristique indéniable.

« A la vérité, certains des programmes de recherche les plus importants de l'histoire des sciences ont été greffés sur des programmes antérieurs avec lesquels ils étaient ouvertement incompatibles. (...) Ces greffes sont par conséquent dissimulées le plus souvent par des stratagèmes *ad hoc*²⁸³ ».

Lakatos donne en exemple d'hypothèses *ad hoc* immunisantes sur des théories « greffées », la théorie de l'inertie circulaire de Galilée, greffée sur l'astronomie de Copernic, et les principes de correspondance de Bohr puis de complémentarité, greffés sur la théorie de Maxwell. Paul Feyerabend dans *Contre la méthode* (1975), montre combien Galilée, au moins dans un premier temps, a eu recours aux hypothèses *ad hoc* afin de « sauver Copernic », il loue même la « finesse méthodologique²⁸⁴ » qu'il développe. Signalons que Popper, qui pourtant a toujours dénoncé les « stratégies d'immunisation » des théories contre la réfutation, reconnaîtra aussi la nécessité de défendre dogmatique une théorie ne serait-ce que pour éviter qu' « elle ne succombe trop facilement avant d'avoir pu apporter ses contributions au progrès scientifique²⁸⁵ ».

Mais la critique la plus acerbe de Lakatos concerne le « falsificationnisme » proprement dit, critique d'ailleurs plus souvent dirigée contre les interprétations superficielles qu'ont pu en faire les observateurs que contre Popper lui-même. Dans un article retentissant,

²⁸³ LAKATOS Imre, «La falsification et la méthodologie des programmes de recherche scientifiques» (1970) in *Histoire et méthodologie des sciences*, trad. fr. Paris, PUF, 1996, pp. 76 et 77.

²⁸⁴ FEYERABEND Paul, *Contre la méthode* (1975), trad. Baudouin Jurdant et Agnès Schlumberger, Paris, Collection Points Sciences, Le Seuil, 1988, p. 105.

²⁸⁵ POPPER Karl R., *La connaissance objective* (1972), *op.cit.*, p. 78.

“Criticism and the Methodology of Scientific Research Programmes”²⁸⁶», il identifie dans la philosophie falsificationniste de Popper trois positions souvent confondues, correspondant finalement à trois auteurs qu’il appelle Popper₀, Popper₁ et Popper₂.

Popper₀ n’a pas existé²⁸⁷, c’est une version vulgaire qui aurait été créée par certains philosophes des sciences poppériens²⁸⁸. Popper₀ croit qu’il existe une base empirique infaillible permettant d’être utilisée pour réfuter les théories. De plus Lakatos indique que quand bien même la base empirique serait assurée, il existerait toujours une clause *ceteris paribus* correspondant à un énoncé universel de non-existence interdit par la loi qui ne peut jamais être mis en défaut par un simple énoncé de base. La science progresserait donc par une suite de spéculations audacieuses ininterrompues et inexorables qui sont soit réfutées, soit corroborées de façon formelle. Pour Lakatos, le « falsificationnisme dogmatique » (ainsi qu’il l’appelle) est à l’évidence une position intenable qui traduit une lecture superficielle de Popper qui a souvent rappelé qu’« on ne peut jamais réfuter une théorie de manière concluante²⁸⁹ ».

Popper₁ est une version plus sophistiquée de Popper, contrairement au Popper₀ il est réel et, selon Lakatos, il est caractéristique de l’analyse qu’en a faite Thomas Kuhn²⁹⁰. Popper₁ est conscient du faillibilisme de la base empirique, et il construit le critère de démarcation de façon logico-syntactique, c’est-à-dire s’appuyant sur l’existence de

²⁸⁶ LAKATOS Imre, “Criticism and the Methodology of Scientific Research Programmes” in *Proceedings of the Aristotelian Society*, 69, 1968, pp. 149-186. Cet article est repris et complété dans “Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes” in Lakatos et A.E. Musgrave eds (1970), pp. 91 à 196 dont nous utiliserons la version traduite en français au PUF (les références ont été indiquées ci-dessus).

²⁸⁷ Dans l’appendice de l’article de 1970, il se ravise et considère que Popper₀ correspond à la première position de Popper des années 1920 (voir ci-dessous), *op.cit.*, p. 133.

²⁸⁸ Lakatos cite Alfred J. Ayer, Ernst Nagel et Peter Medawar (1968, p. 152). Par exemple, ce dernier affirme que la science peut « accomplir avec une complète certitude logique la répudiation de ce qui est faux ». MEDAWAR, *The Art of the Soluble* (1967), cité par LAKATOS, “La falsification et la méthodologie des programmes de recherche scientifiques”, *op.cit.*, p. 8. Ernst Mayr, qui n’est pas poppérien, a aussi une interprétation très dogmatique du critère, considérant qu’une réfutation unique entraîne le rejet de l’hypothèse testée (*Qu’est-ce que la biologie ?* (1997), trad. de Marcel Blanc, Fayard, 1998, p. 61).

²⁸⁹ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p. 47.

²⁹⁰ LAKATOS Imre, “Criticism and the Methodology of Scientific Research Programmes”, *op.cit.*, p. 152.

falsificateurs potentiels, correspondant en des négations d'énoncés existentiels singuliers et susceptibles de mettre logiquement en échec un énoncé universel :

« La démarcation pourrait, enfin, être réalisée par un critère exclusivement syntactique. Le point de vue de Sir Karl serait alors, et est peut-être : une théorie est scientifique si et seulement si des *énoncés d'observation* - en particulier les négations des énoncés existentiels singuliers - peuvent en être logiquement déduits, peut-être en conjonction avec des connaissances d'arrière-plan données²⁹¹ ».

Kuhn reste assez dubitatif sur le fait que les théories, sans modifications significatives, puissent être structurées dans une forme qui permette un jugement purement syntactique. Cela ne lui semble pas compatible avec la logique de la connaissance telle que l'entend Popper, c'est-à-dire *in fine*, une logique de réfutation des hypothèses. Le « falsificationnisme naïf » (comme le qualifie Kuhn), reconnaît l'impossibilité d'une réfutation concluante, mais n'a pas réussi à en fournir un substitut efficace qui ne soit logique. Ainsi Kuhn conclut que « bien que Sir Karl ne soit pas un falsificationniste naïf, on est en droit, selon moi, de le considérer comme tel²⁹² ». Comme le fera remarquer Popper²⁹³, l'argument est, pris au sens littéral, illogique ; il souligne cependant combien cette forme de falsificationnisme débouche sur une impasse. Lakatos reprend la notion de falsificationnisme naïf qu'il amende assez fortement sous l'appellation de falsificationnisme méthodologique (naïf). Ce dernier diffère du dogmatique par ses règles d'acceptation (de la scientificité) et d'élimination (des théories). Le tenant du falsificationnisme méthodologique ne confond plus réfutation et rejet. Conscient du faillibilisme de la base empirique qui ressemble à « des pilotis enfoncés dans un marécage²⁹⁴ », il ménage un certain nombre de conventions institutionnalisées (comme la répétition de l'expérimentation ou la prise en compte des clauses *ceteris paribus*) afin d'aller

²⁹¹ (“*Sir Karl's view would then be, and perhaps is: a theory is scientific if and only if observation statements-particularly the negations of singular existential statements-can be logically deduced from it, perhaps in conjunction with stated background knowledge*”- je traduis-). KUHN Thomas S., “Logic and psychology of discovery” in *The Philosophy of Karl Popper*, The Library of Living Philosophers, edited by Paul Arthur Schilpp, 1974, p. 809.

²⁹² (“*Though he is not a naive falsificationist, Sir Karl may, I suggest, legitimately be treated as one*” – je traduis -). *Ibid.*

²⁹³ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I*, Introduction de 1982, pp. 15 et 16.

²⁹⁴ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), p. 111.

au-delà du rejet immédiat d'une théorie réfutée. Il s'ensuit que le nouveau critère de démarcation²⁹⁵ sera délimité par une « base empirique²⁹⁶ » qui n'a rien prouvé mais qui résulte de décisions méthodologiques qui le rapproche du conventionnalisme.

Popper₂ s'intéresse plus à la croissance du savoir en termes de progrès qu'à la réfutation. Son problème réside dans l'évaluation des théories concurrentes (mêmes fausses). Pour les tenants du « falsificationnisme sophistiqué » (ainsi que le nomme Lakatos), il ne peut y avoir élimination d'une théorie quelle qu'elle soit, par une réfutation à partir d'une « base empirique » (même revisitée) sans qu'il puisse y avoir acceptation d'une meilleure théorie (ce qui était possible pour Popper₀ et Popper₁). L'évaluation ne porte plus sur des théories isolées, mais sur des séries de théories. Concernant le critère de démarcation, celui-ci se déplace ; une théorie ne serait scientifique que si elle surpasse la théorie rivale c'est à dire si elle permet de découvrir des faits inédits ce que Lakatos traduit par un contenu empirique corroboré supérieur :

« Nous n'"acceptons" les déplacements de problème comme scientifiques que s'ils sont au moins théoriquement progressifs ; si ce n'est pas le cas, nous les "rejetons" comme "pseudoscientifiques". Le progrès se mesure par le degré de progressivité du déplacement de problème, par la proportion de faits inédits que la série de théories nous conduit à découvrir. Nous considérons une théorie de la série comme "falsifiée" quand elle est remplacée par une théorie dont le contenu corroboré est plus élevé²⁹⁷ ».

Pour Lakatos le véritable Popper consiste en Popper₁ avec quelques éléments de Popper₂. Si Popper n'a pas atteint (selon Lakatos) le niveau 2 dans toute sa plénitude, c'est parce qu'il s'est contenté d'une augmentation du contenu empirique virtuel sans l'associer systématiquement la corroboration au critère de progrès, comme l'exigerait le nouveau statut de la réfutation (falsification). C'est à partir des idées de continuité des séries de théories et de déplacement de problème que Lakatos élaborera sa fameuse méthodologie des « programmes de recherche scientifiques » lesquels sont caractérisés par un noyau dur à « heuristique

²⁹⁵ Voir tableau 1 (Lakatos Irme) pour la formulation précise.

²⁹⁶ Les guillemets sont de rigueur, ils permettent de la différencier de la base empirique du falsificationnisme dogmatique (Lakatos 1970, p. 27).

²⁹⁷ *Ibid.*, pp. 41 et 42.

négative » (sur lequel le *modus tollens* est inopérant) et une ceinture protectrice réfutable constituées d'hypothèses auxiliaires à « heuristique positive »²⁹⁸.

Que penser de l'étude de Lakatos ? Intellectuellement si la classification des falsificationnismes est intéressante, celle de la caricature de Popper (en Popper_{0,1} et 2) nous semble infondée et totalement anhistorique. Dans l'appendice de « La falsification et la méthodologie des programmes de recherche scientifiques », Lakatos élabore une présentation historique de la pensée falsificationniste de Popper. Tout d'abord il indique que le Popper du début des années 1920 serait un falsificationniste dogmatique ce qui est directement contredit par l'étude de Hacohen (2000) pour lequel la réfutabilité ne devint pas son critère de démarcation avant 1932, c'est-à-dire, plus de dix ans après²⁹⁹. Ensuite, selon Lakatos, il serait passé du falsificationnisme naïf au falsificationnisme sophistiqué à la fin des années 1950, avec comme point de transition l'indépendance de la mise à l'épreuve pouvant donner lieu à des corroborations³⁰⁰. La logique de la découverte scientifique serait donc caractéristique du falsificationnisme naïf. Pourtant le point fondamental du falsificationnisme sophistiqué (« une théorie n'est acceptable que si elle surpasse la théorie rivale par son contenu empirique corroboré ») y est clairement énoncé :

« Il nous est à présent permis de répondre à la question de savoir comment et pourquoi nous acceptons une théorie de préférence à d'autres. (...) Ce sera celle qui non seulement a jusqu'alors résisté à l'épreuve des tests les plus sévères mais aussi susceptible d'être soumise à des tests de la manière la plus rigoureuse³⁰¹ ».

Rappelons que, pour une théorie, la résistance à l'épreuve des tests les plus sévères implique un degré de corroboration supérieur (en relation avec le degré de falsifiabilité), donc un

²⁹⁸ L'exemple emblématique de programme de recherche est la théorie de gravitation de Newton : selon Lakatos, le noyau dur des lois de la dynamique est irréfutable par décision méthodologique (conventionnalisme), les anomalies observées ne doivent conduire à des changements (par fonctionnement du *modus tollens*) que dans le glaciis protecteur. Grâce aux prédictions corroborées de la ceinture, on y observe progressivement un déplacement de problème qui se traduit par un progrès théorique (Lakatos, 1968, 1970).

²⁹⁹ Voir ci-dessus, partie I.A.3.

³⁰⁰ LAKATOS, «La falsification et la méthodologie des programmes de recherche scientifiques», *op.cit.*, p. 134.

³⁰¹ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.* p. 108. Voir aussi p.284.

contenu empirique plus important³⁰². Certes Popper ne fait pas du déplacement de problèmes progressifs un nouveau critère de démarcation comme l'affirme Lakatos³⁰³. Mais selon nous et comme nous l'avons présenté (voir aussi la partie I.C.4), il n'a été qu'exceptionnellement question³⁰⁴, concernant le critère de démarcation, d'une augmentation de contenu empirique corroboré (ce Popper₃ est plutôt du Lakatos). Les mises au point de Popper au cours des années 1980, dont Lakatos n'a pas eu connaissance³⁰⁵, n'autorisent pas autre chose comme critère de démarcation que la falsifiabilité₁ (voir section suivante). Signalons aussi que l'indépendance de la mise à l'épreuve, certes bien précisée dans l'article « Vérité, rationalité et progrès de la connaissance scientifique » (1960-61), est d'une certaine façon introduite dès *La logique de la découverte scientifique* quand, comme nous l'avons signalé, Popper associe la corroboration à une « condition annexe³⁰⁶ ». Il est aussi remarquable que Lakatos ne fasse jamais référence aux écrits politiques de Popper où nous y avons justement identifié un critère plus méthodologico-empirique à rapprocher, d'une certaine façon, du falsificationnisme dogmatique.

Lakatos s'étonne que le Popper d'après les années 1950 puisse faire ressurgir un Popper₁ (et même selon nous un Popper₀). C'est tout simplement parce que l'argumentation de Popper n'a pas été comprise correctement. Popper est évidemment conscient de la faillibilité de l'entreprise de réfutation, c'est pour cela, comme l'a vu Kuhn, qu'il déplace le problème sur la réfutabilité logico-syntactique. Cependant il n'abandonne pas pour autant la possibilité de confrontation entre la théorie et les énoncés de bases, parce qu'il se veut pragmatique. Le passage de la section 9 de *La logique de la découverte scientifique*, pourtant mainte fois cité, doit être lu dans ce sens.

³⁰² *Ibid.* p. 274.

³⁰³ LAKATOS, «La falsification et la méthodologie des programmes de recherche scientifiques», *op.cit.*, p. 135.

³⁰⁴ Voir la note (*I), page 272 de *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op. cit.*, et partie I.B.3.

³⁰⁵ Lakatos est décédé d'une hémorragie cérébrale subite en 1974 à 51 ans.

³⁰⁶ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.* p. 85. L'article « Vérité, rationalité et progrès de la connaissance scientifique » est davantage axé sur la recherche du progrès scientifique au sein de la science par la corroboration, que celle d'un critère de démarcation (voir partie I.C.1)

« Dans le domaine des sciences empiriques, si l'on exige une preuve rigoureuse (ou une réfutation au sens strict), l'on ne profitera jamais de l'expérience et l'on apprendra jamais d'elle à quel point l'on est dans l'erreur³⁰⁷ ».

Certes l'expérience est faillible, mais pour Popper quoiqu'on dise et qu'on fasse (par exemple un noyau dur et un glacis protecteur), il n'existe pas d'autres possibilités que le verdict de l'expérience pour identifier l'erreur, même si, nous le répétons, les conclusions que l'on peut tirer sont incertaines (comment alors Lakatos expliquerait-il les changements dans le glacis protecteur ?). Dans « La connaissance conjecturale », concernant la préférence théorique, il en appelle à la « préférence pragmatique³⁰⁸ » : « Il n'y a aucune "confiance absolue" ; mais, puisqu'il nous faut choisir, il sera "rationnel" de choisir la théorie la mieux testée³⁰⁹ ». On retrouve ce même souci pratique dans l'Introduction de 1982 où Popper nous demande de « ne pas prendre trop au sérieux³¹⁰ » le caractère incertain de toute réfutation empirique : « il y a beaucoup de falsifications importantes qui sont aussi définitives que l'autorise l'universelle faillibilité de l'homme³¹¹ ». Ne pas vouloir aller au terme de la démarche parce qu'elle est faillible conduit comme « certains³¹² » à « abandonner le rationalisme en épistémologie pour tomber dans l'irrationalisme³¹³ », ce qui s'oppose au progrès de la connaissance. La critique est adressée ici directement à Feyerabend, lequel avec son mot d'ordre « tout est bon³¹⁴ » (« *anything goes* »), rejette toute forme de méthode en science et prône une « épistémologie anarchique ». L'argument de la praticité, celui-là même que défend Hume à propos de l'induction, est une façon de couper court aux diverses oppositions de la philosophie théorique. Si l'induction est logiquement invalide, le principe de l'induction, selon Hume, s'avère vrai en pratique. De même si la réfutation est faillible, selon Popper, on

³⁰⁷ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p. 47.

³⁰⁸ POPPER Karl R., *La connaissance objective* (1972), *op.cit.*, p. 65.

³⁰⁹ *Ibid.*, p.66

³¹⁰ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science*, *op.cit.*, p. 5.

³¹¹ *Ibid.*

³¹² *Ibid.*

³¹³ *Ibid.*

³¹⁴ FEYERABEND Paul, *Contre la méthode* (1975), trad. Baudouin Jurdant et Agnès Schlumberger, Paris, Collection Points Sciences, Le Seuil, 1988, p. 25.

peut cependant considérer, si l'on se place dans des conditions optimales, qu'elle est opérationnelle en pratique. Cependant la comparaison s'arrête là, car si la réfutation est faillible, la réfutabilité est logiquement valide selon Popper³¹⁵, contrairement à l'induction.

Exiger une fiabilité expérimentale « plus que de raison », c'est aussi méconnaître les processus mis en jeu dans la survie des espèces qui, d'une certaine façon, sont la preuve d'une certaine fiabilité de nos observations. A partir des années 1970, Popper, « épistémologue évolutionniste », développe une argumentation darwinienne justifiant une certaine fiabilité de nos observations :

« Néanmoins, la plupart des organismes agissent en fonction d'interprétations de l'information reçue de leur environnement ; et le fait qu'ils ont survécu pendant de longues périodes montre que cet appareil fonctionne souvent d'une manière appropriée. Mais qui est loin d'être parfait. Tous les organismes font des erreurs dans l'interprétation de leur environnement, en particulier dans des conditions inhabituelles (...).

Nos expériences ne sont pas seulement des motifs pour l'acceptation ou le rejet d'un énoncé observationnel, mais elles peuvent aussi être décrites comme des raisons en vertu du caractère généralement fiable de nos observations ; elles ne sont pas décisives à cause de notre faillibilité³¹⁶ ».

De la même façon que les erreurs d'interprétation des organismes vis-à-vis de leur environnement ne mettent pas en jeu leur survie, les quelques erreurs qui pourraient se glisser dans la démarche de réfutation ne sont pas à ce point rédhibitoires pour que l'on ne puisse s'y fier.

4. La réfutabilité définitive ou falsifiabilité₁ comme critère de démarcation

Au sens strict, les énoncés de base en tant que falsificateurs virtuels de la théorie, sont les garants de la scientificité. Ils agissent comme sélecteurs logique et technique. Etant uniquement potentiels, ils mettent à l'abri la démarche poppérienne des apories de la

³¹⁵ Mais voir cependant notre position, partie III.C.2.

³¹⁶ (*“Nevertheless, most organisms at upon interpretations of the information which they receive from their environment; and the fact that they survive, for some considerable time, shows that this apparatus usually works well. But it is far from perfect. All organisms make mistakes in interpreting their environment, especially under unusual conditions (...). Our experiences are not only motives for accepting or rejecting an observational statement, but they may even be described as inconclusive reasons. They are reasons because of the generally reliable character of our observations ; they are inconclusive because of our fallibility”*. –je traduis-). POPPER Karl R., « Replies to my critics” in *The Philosophy of Karl Popper* (1974), *op.cit.* pp. 1112 et 1114.

réfutation puisqu'ils n'ont pas à être vrais. Ils permettent, dans le couple réfutabilité-réfutation, de faire du premier élément une base inattaquable contrairement au second toujours assujéti à l'incertitude notamment à cause de la « transcendance » de tout énoncé. Du moins c'est ce que les premiers écrits semblent dire, car par la suite Popper introduit une dualité de la réfutabilité (falsifiabilité) qui a de quoi surprendre. En effet pourquoi introduire en 1982 une falsifiabilité₂ incertaine alors qu'auparavant, seule la réfutation posait problème ?

Bien avant l'introduction des deux falsifiabilités en 1982, on trouve dans *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1931-32), la notion de « falsifiabilité définitive ». L'introduction de 1978 réaffirme l'existence de ce concept : « Dans *Les deux problèmes fondamentaux*, j'ai en particulier parlé de choses comme la falsifiabilité définitive. Et il existe certes, comme je l'ai déjà indiqué, une falsifiabilité définitive³¹⁷ ». Elle s'oppose alors à la réfutation car « il ne saurait être question d'une falsification exacte et univoque d'une théorie³¹⁸ ». L'absence de certitude de toute réfutation ne permet donc pas de l'utiliser comme opérateur du critère de scientificité. Car si l'on considère qu'une théorie est empirique seulement si elle passe effectivement avec succès les tests, on se retrouve, si ce n'est dans l'affirmation dogmatique de la véracité des énoncés de base, au moins dans une certaine incertitude empirique peu compatible avec l'exigence de rigueur d'un critère de démarcation (« falsificationnisme naïf »). En d'autres termes la réfutation comme critère de scientificité suppose une *épistémè*, or la « science [poppérienne] n'est pas une connaissance³¹⁹ ». En dissociant réfutabilité et réfutation, Popper montre que l'on peut construire une science qui ne soit pas consubstantielle de la vérité. Il existe des vérités métaphysiques non scientifiques et des connaissances scientifiques non vraies. Certains énoncés scientifiques contiennent moins de vérité qu'un énoncé métaphysique.

³¹⁷ POPPER Karl R., *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1932), trad. de Christian Bonnet, Paris, Hermann, 1999, p. 19.

³¹⁸ *Ibid.*, p. 409.

³¹⁹ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, *op.cit.*, p. 284.

Contrairement à une idée répandue, Popper n'a jamais dit que la psychanalyse freudienne était fausse, mais qu'en étant compatible avec tous les comportements humains possibles, elle était, par sa structure et à son commencement même, non testable donc non scientifique ; et donc quant à sa vérité ou fausseté, on ne peut savoir. Popper aime bien rappeler qu'au regard des travaux de Newton, les lois de Kepler sont des approximations et qu'il en est de même des théories de Newton par rapport aux travaux d'Einstein ; et s'il s'agit d'approximations (mêmes excellentes) elles doivent être considérées comme fausses : « Ainsi ce n'est donc pas la vérité qui décide du caractère scientifique d'une théorie³²⁰ ». Au contraire de la réfutation, en affirmant la réfutabilité comme définitive, on construit un critère rationnel solidement ancré dans la logique. La logique fait de la réfutabilité une assise inattaquable puisque elle repose sur une contradiction entre les énoncés de base et l'énoncé universel. La dissociation de la réfutabilité et de la réfutation permet donc à Popper de valider son critère de démarcation qui reste attaché à la première sûre, certaine et objective, et non à la seconde fondamentalement faillible.

L'affaire semble entendue, c'est pourquoi l'introduction de la double falsifiabilité en 1982 a de quoi surprendre ; et cela d'autant plus qu'il s'agit d'un apport, si l'on peut dire, de dernière main qui semble même postérieur aux derniers ajouts de l'édition de 1982. On peut lire en effet à la fin de la section 22 (« L'asymétrie entre falsification et vérification ») du *Post-scriptum I*, le texte suivant :

[Ajout de l'auteur. – Il ne s'agit ici que de la *falsification empirique* et de ses incertitudes – et donc de toute autre chose que du critère purement *logique* de la *falsifiabilité*, qui porte sur l'existence (et *non* pas la vérité) de falsificateurs potentiels d'une théorie. La *falsifiabilité* ne soulève pas de difficultés de l'ordre de celles qui peuvent affecter la falsification empirique³²¹.]

Cette remarque, on le comprend, permet à Popper de recadrer certains passages du *Post-scriptum I*, qui comme nous l'avons vu, a été écrit dans une période où, dans le cadre de la

³²⁰ (“*Thus it is not its truth which decides the scientific character of a theory*” – je traduis-). POPPER Karl R., « Replies to my critics », *op.cit.*, p. 979.

³²¹ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1983), *op.cit.*, p. 207.

démarcation, la réfutation des systèmes théoriques prenait nettement le pas sur leur réfutabilité. Les difficultés de la réfutation empirique sont évidemment celles liées à absence de certitudes (comme nous l'avons rappelé) à mettre en relation, ainsi que le souligne Popper, avec la problématique vérité des énoncés falsificateurs de la théorie (contrairement aux énoncés de base potentiels). Cet ajout de Popper, que nous pensons antérieur à la rédaction de l'introduction de 1982 (sûrement vers 1980, si l'on s'en réfère à l'addendum à la section 15, p. 166), apporte deux informations. D'une part il va dans le sens d'une confirmation de l'inflexion du critère de démarcation qui devient plus méthodologico-empirique lors des décennies 1940-1950, d'autre part, il confirme notre interrogation quant aux raisons de la double falsifiabilité de l'introduction de 1982.

Rappelons que Popper oppose la « “falsifiabilité₂”, la possibilité *toujours* problématique de démontrer la fausseté d'une théorie » à la « “falsifiabilité₁”, la possibilité qu'ont certaines théories d'être en principe falsifiées parce qu'elles possèdent des falsificateurs potentiels³²² ». A ce stade de notre herméneutique, deux possibilités s'offrent à nous : soit une interprétation triviale (i) qui montre que Popper s'est emmêlé les pieds dans ses propres subtilités (ce qui ne doit pas être écarté car nous n'avons pas à nous soumettre à l'*auctoritas principis*), soit une interprétation (ii) qui tienne compte de l'aspect technique de la falsifiabilité (dont nous avons vu qu'elle pouvait ne pas être évidente) qui nous semble plus intéressante.

(i) On peut facilement faire un rapprochement entre la « falsifiabilité₁ » et la « falsifiabilité définitive » qui correspondent toutes deux à une relation logique entre la théorie et la classe des énoncés de base, et d'autre part, entre la « falsifiabilité₂ » et la falsification, toutes deux problématiques à cause de l'absence de preuves empiriques définitives. Dans le premier cas, on peut même affirmer qu'il y a identité (« falsifiabilité₁ » =

³²² POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1983), *op.cit.*, p. 4.

« falsifiabilité définitive »), tandis que dans le second la falsifiabilité₂ doit être comprise, en tant que possibilité, comme une atténuation de la falsifiabilité. On se demande quel est l'intérêt ici de cette nuance, d'autant que les deux sens (1) et (2) doivent être attribués aussi au terme de « falsifiable » (texte correspondant à la note précédente). Popper précise même : « Pour ce qui est du deuxième sens du terme, j'ai la plupart du temps parlé non de "falsifiabilité", mais plutôt de "falsification" et des problèmes qui en découlent³²³ ». Donc il semble bien que la falsification corresponde au sens (2), ce qui, *de facto*, rend caduque la falsifiabilité₂. Dans le cadre d'une interprétation triviale du concept de technique, la falsifiabilité₂ devient un concept assez pauvre et qui serait introduit essentiellement pour apporter une nuance au terme ambigu de « falsifiable » et ainsi protéger le critère de démarcation. Car comme nous l'avons indiqué, falsifiable peut aussi bien se rapporter à la réfutabilité qu'à la réfutation.

Se réfugier dans la potentialité, permet donc à Popper de contrer les objections soulevées contre la réfutation, comme celles de Lakatos ou d'Hilary Putman³²⁴, et plus généralement de protéger son critère des attaques des philosophes des sciences, comme celles de Feyerabend, de Kuhn, qui doutent de son universalité. Car bien que l'impossibilité de réfuter une « théorie de manière concluante³²⁵ » soit indiquée dès *La logique de la découverte scientifique*, on observe un renforcement de la dualité de la falsifiabilité à partir des années 1970.

(ii) Si l'on écarte la thèse triviale et que l'on se place dans une optique logique et technique du critère de démarcation, alors la falsifiabilité₂ prend tout son sens. En effet l'aspect technique, comme nous l'avons montré, rend aussi en partie problématique la réfutabilité qui ne se détermine plus uniquement par son rapport logique avec les énoncés de

³²³ *Ibid.*

³²⁴ Selon Putman la loi de la gravitation universelle n'est pas réfutable. PUTMAN Hilary, « The 'corroboration' of theories » in SCHILPP Paul Arthur, *The philosophy of Karl Popper*, *op.cit.*, p. 221 à 240.

³²⁵ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, *op.cit.*, p. 47. Dans *Conjectures et réfutations* il est rappelé que les tentatives sérieuses pour invalider les théories demeurent « infructueuses », *op.cit.* p. 65.

base, mais doit composer avec les aspects techniques (au sens grec de *tekhnê*) de sa mise en œuvre potentielle. La technique apporte de l'incertitude là où la logique permettait une assurance totale ; la réfutabilité ne suffit plus à créer un critère de démarcation absolu car elle devient conditionnelle. Dans cette optique les démarches de 1931-32 et de 1982 sont tout à fait comparables. Si l'incertitude d'une connaissance conjecturale réduisait l'activité scientifique à chercher à éliminer le faux, la réfutabilité définitive permettait de discriminer de façon certaine les énoncés métaphysiques des énoncés scientifiques. Par rapport à la position traditionnelle qui consiste à assigner à la science la tâche de recherche de la vérité, Popper opère donc un glissement ontologique : la vérité de la scientificité se substitue à la vérité de l'*épistémê*. Si la recherche de la vérité doit toujours être l'objectif ultime de toute activité scientifique, il s'agissait de composer avec une connaissance à jamais conjecturale et donc une possibilité d'un critère de vérité impossible. Cependant il était possible de discerner la vraie science de la fausse science : « je ne crois pas à la possibilité d'un critère de vérité, j'ai proposé un critère de démarcation, à savoir la falsifiabilité³²⁶ », c'est-à-dire la réfutabilité définitive. Mais, en introduisant la technique, qui permet de construire un critère qui ne peut se satisfaire du seul rapport logique avec l'expérience, donc davantage tournée vers l'action mais du coup faillible, il devient nécessaire de réintroduire de la certitude en différenciant une falsifiabilité₁ définitive, d'une falsifiabilité₂ toujours problématique. La falsifiabilité₁ permet (ou entretient l'espoir d') une ontologie de la « vraie science » (que l'on ne confondra pas avec la « science vraie »).

Si une indépendance marquée entre réfutabilité et réfutation permettrait donc d'apporter une solution aux apories de la réfutation, elle pose cependant derechef la légitimité d'un discours qui s'arroge justement le droit de penser la science dans une relation seulement

³²⁶ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1956), *op.cit.*, p. 1.

potentielle à l'expérience, qui s'en approche au plus près, mais qui refuserait toujours de passer à l'acte.

5. L'expérience potentielle de la réfutabilité

La science peut-elle se constituer dans une relation exclusivement potentielle au monde de l'expérience ? Jean Ladrière dans un article relatif à la rationalité, caractérisée selon lui justement par le critère général de réfutabilité, nous rappelle que si « dans le domaine des mathématiques et de la logique, la falsification prend la forme de la réfutation purement logique », alors « dans le domaine des sciences empiriques, elle est soumise à la condition d'être fondée sur des tests empiriques³²⁷ ». Sans nous soucier ici des différences dans l'utilisation du vocabulaire poppérien, force est de constater que notre étude des subtilités poppériennes nous avait quelque peu éloigné d'une certaine évidence philosophique : la rationalité empirique ne peut se concevoir que dans un rapport avec l'expérience réelle. N'y a-t-il pas d'ailleurs une incohérence, une contradiction fondamentale à parler d'expérience potentielle ? Etymologiquement, expérience vient du latin *experientia*, de *experiri*, « faire l'essai de ». Et c'est bien ainsi que le comprend Popper (du moins pendant la « période du critère de démarcation méthodologico-empirique ») : « Expérience, pris dans son usage courant (et dans son étymologie ; examiner, tester), correspond beaucoup plus à ce que sont à la fois l'expérience scientifique et la connaissance empirique ordinaire qu'à l'analyse traditionnelle proposée par les philosophes de l'école empiriste³²⁸ ». Bien sûr les physiciens élaborent des expériences de pensée, mais celles-ci visent une meilleure compréhension d'une théorie et ne peuvent être comprises comme des tentatives de réfutations. Quand Newton imagine l'expérience du seau tournant, il engage à s'interroger sur l'existence d'un espace

³²⁷ LADRIÈRE Jean, « Rationalité » in LECOURT Dominique, *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences* (1999), Paris, PUF, Grands dictionnaires, édition « Quadriges », 2003, p. 800.

³²⁸ POPPER Karl R., *La société ouverte et ses ennemis, Tome 2 Hegel et Marx* (1945), trad. de Jacqueline Bernard et Philippe Monod, Paris, Editions du Seuil, 1979, p. 201.

absolu. Pour Newton, l'eau est en mouvement par rapport à cet espace absolu et c'est ce qui explique la courbure de sa surface en absence d'autres corps dans l'univers. Il ne peut évidemment, par la pensée, pouvoir confondre son hypothèse. Les expériences de pensée ne sont pas prédictives. L'expérience falsificatrice demeure toujours dans un rapport « ordinaire » avec la réalité et faire une expérience c'est d'abord se confronter au réel. Pour paraphraser les *Mégariques*, si l'essai est uniquement potentiel, il n'y a pas d'essai. En ce sens la réfutabilité n'est pas l'expérience tant qu'elle n'est pas la réfutation quand bien même l'aspect technique est pris en considération. Le critère de réfutabilité est sensé « distinguer la théorie appliquée et la théorie pure³²⁹ ». Popper aime à généraliser la célèbre phrase d'Einstein « dans la mesure où les propositions de la mathématique se rapportent à la réalité, elles ne sont pas certaines et dans la mesure où elles sont certaines, elles ne se rapportent pas à la réalité », de cette façon : « dans la mesure où les propositions d'une science se rapportent à la réalité, elles doivent être falsifiables et dans la mesure où elles ne sont pas falsifiables, elles ne se rapportent pas à la réalité³³⁰ ». Cependant, si le critère est compris comme une relation seulement potentielle avec l'expérience (évidemment la notion de « falsifiable » entretient ici la confusion), le problème de la théorie appliquée c'est qu'elle demeure désespérément théorique, hôte d'un monde 3 où résident les seules idées abstraites. On comprend la réticence de nombreux épistémologues à suivre le Popper de la réfutabilité, lui préférant celui de la réfutation. Comme le rappelle Jean-François Malherbe, « toute vérité est vérité de l'action ». Si « les sciences progressent par leur mise en œuvre dans la pratique³³¹ » ce qui correspond bien au schéma poppérien, ajoutons que la science empirique n'existe que par sa relation effective au concret.

On peut donc douter d'un critère de démarcation entre science et non-science qui se refuserait toujours à passer à l'action. Rappelons ici la position d'Alain Boyer : « il est à peine

³²⁹ POPPER Karl R., *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance*, op.cit., p. 32.

³³⁰ *Ibid.*, p. 32 et 33.

³³¹ MALHERBE Jean-François, *La philosophie de Karl Popper et le positivisme logique*, PUF, 1976, p. 262.

nécessaire de préciser qu'il ne suffit pas qu'un énoncé soit testable pour être accepté, même momentanément, dans le corps des énoncés scientifiques : il faut aussi, bien entendu qu'il soit testé et qu'il résiste à ces tests (...) ³³² ». Certes, comme nous l'avons montré, l'interprétation d'Alain Boyer n'est pas poppérienne, mais elle n'en demeure pas moins légitime. L'action légitimant le critère demeure, selon notre lecture de Popper, un horizon limite inatteignable et en ce sens l'on peut dire que le critère de démarcation est asymptotique. Pour illustrer schématiquement la position épistémologique du critère de démarcation tel que Popper le conçoit, comparativement à ce qu'il se trouve être dans une optique critique d'une réfutabilité sans action (apraxéologique), il peut être intéressant d'essayer d'en donner une représentation graphique. Les figures 5 et 6 répondent à cet objectif. La figure 5 présente la position du critère de démarcation par rapport au degré de falsifiabilité d'un énoncé comme pourrait le concevoir Popper. La figure 6 illustre le comportement asymptotique (interprétation critique) du critère de démarcation vis-à-vis de la réfutabilité.

³³² BOYER Alain, *Introduction à la lecture de Karl Popper*, Paris, Presses de l'Ecole Normale Supérieure, 1994, p. 19.

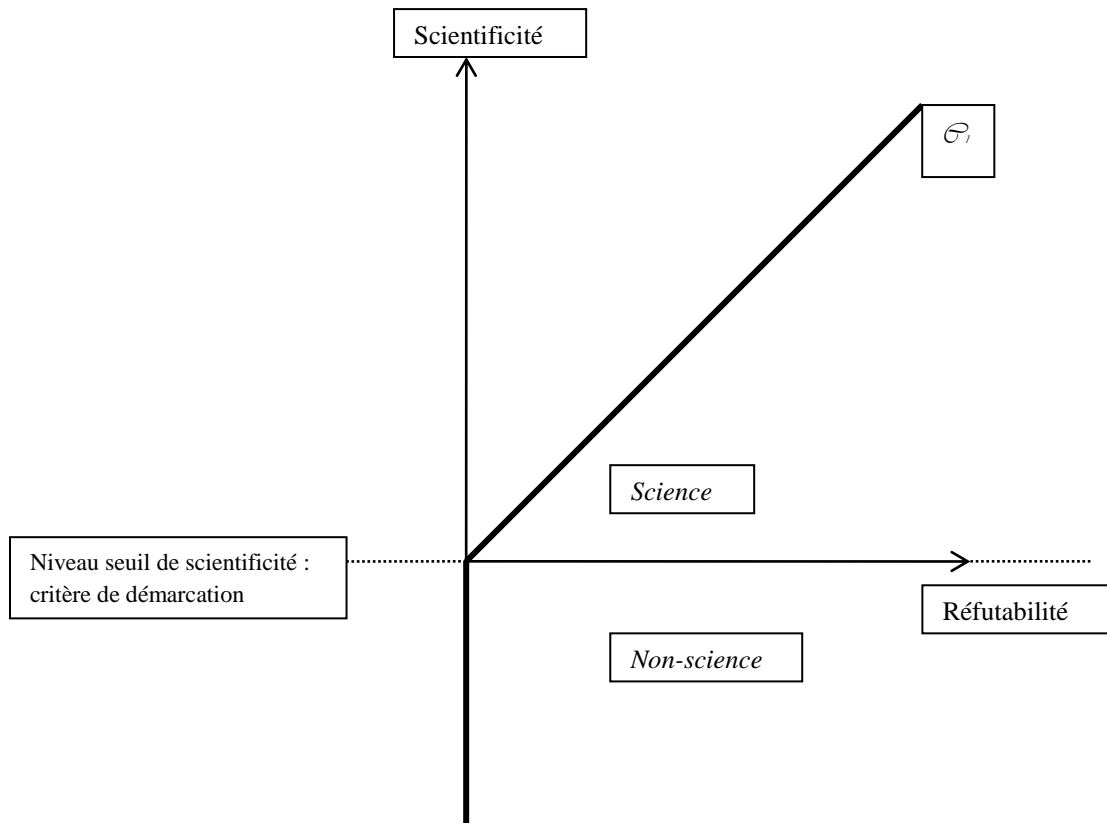


Fig. 5 - Position du critère de démarcation sur l'axe de la scientificité par rapport au degré de falsifiabilité d'un énoncé (interprétation poppérienne)

Commentaires de la figure 5 : En absence de réfutabilité ($x = 0$), un énoncé faisant partie du corpus métaphysique est situé sur la portion de courbe \mathcal{C}_i d'équation $y < 0$. Sa position dépend de son caractère préscientifique (dont on pourrait rechercher aussi un critère...). Tout énoncé potentiellement réfutable par une classe non vide de falsificateurs virtuels se trouve sur la demi-droite d'équation $x = y$. L'application du critère de démarcation a permis de franchir le seuil de scientificité. La scientificité d'un énoncé que l'on peut

assimiler à son empiricité s'accroît avec son degré de falsifiabilité³³³. La représentation choisie a l'avantage de concilier la binarité du critère de démarcation et le degré de scientificité. De cette façon, le critère de démarcation est clairement localisé sur l'axe de scientificité et sépare nettement le domaine de la science empirique de la non-science.

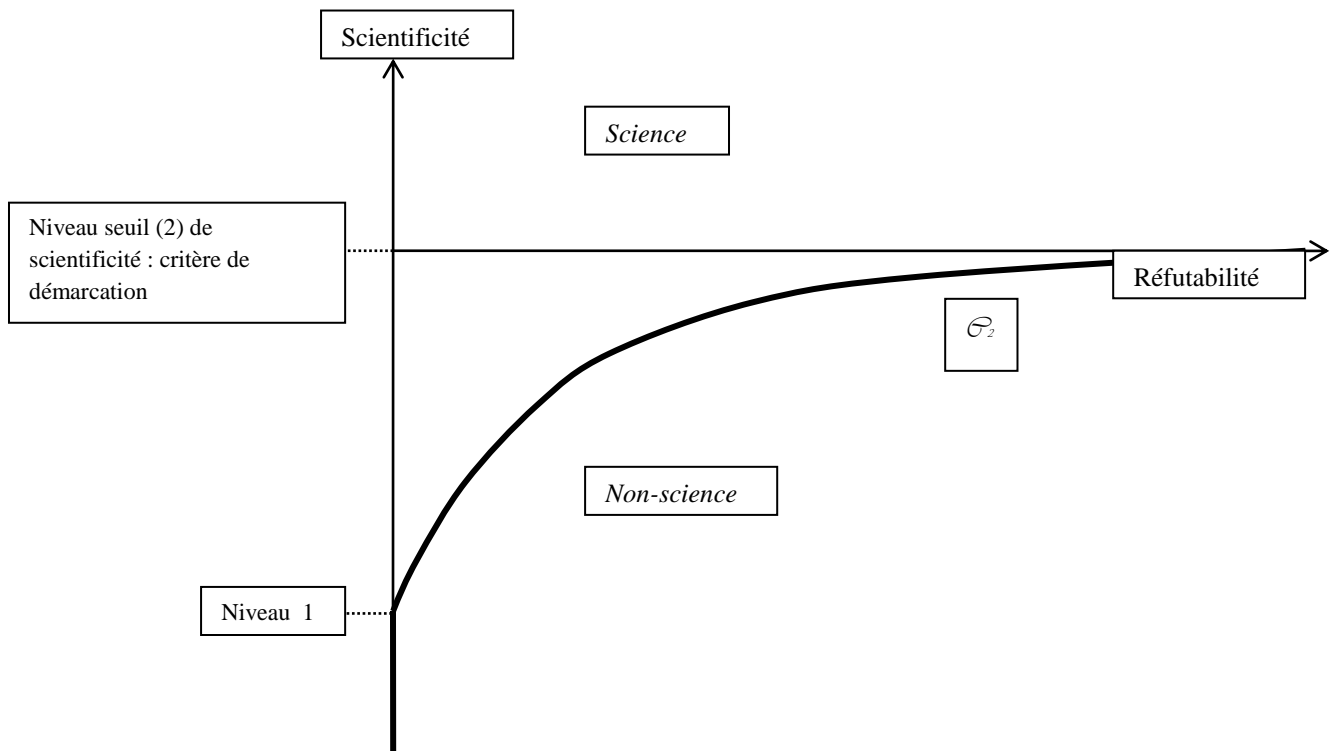


Fig. 6 - Comportement asymptotique du critère de démarcation (interprétation critique)

³³³ « La quantité d'information empirique communiquée par une théorie, c'est-à-dire son contenu empirique, s'accroît avec son degré de falsifiabilité », POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique, op.cit.*, p. 113.

Commentaires de la figure 6 : Une conception critique d'un critère de démarcation apraxéologique entraîne une toute autre représentation. Comme précédemment le contenu empirique d'un énoncé s'accroît avec son degré de falsifiabilité mais non plus de façon linéaire, mais hyperbolique. En effet, en absence d'expérience réelle (réquisit exigible ici) le niveau seuil de scientificité ne peut être considéré comme atteint par l'augmentation de la falsifiabilité d'un énoncé qui demeure dans la seule potentialité. Le critère de démarcation représente l'asymptote horizontale de la courbe \mathcal{G}_2 , horizon limite inatteignable mais néanmoins nécessaire afin de verser dans le domaine des sciences. Dans cette perspective, un critère de démarcation seulement potentiel ne peut séparer effectivement les énoncés non scientifiques des énoncés scientifiques. L'acquisition de la réfutabilité par un énoncé permettrait alors de le considérer seulement comme préscientifique. Le passage d'un énoncé métaphysique à un énoncé métaphysique préscientifique est localisé au niveau du point de flexion de la courbe, matérialisé par le niveau 1. Comment alors représenter les effets de la réfutation ? Celle-ci fait abaisser le niveau de falsifiabilité du niveau 2 au niveau 1 comme le suggère la figure 7.

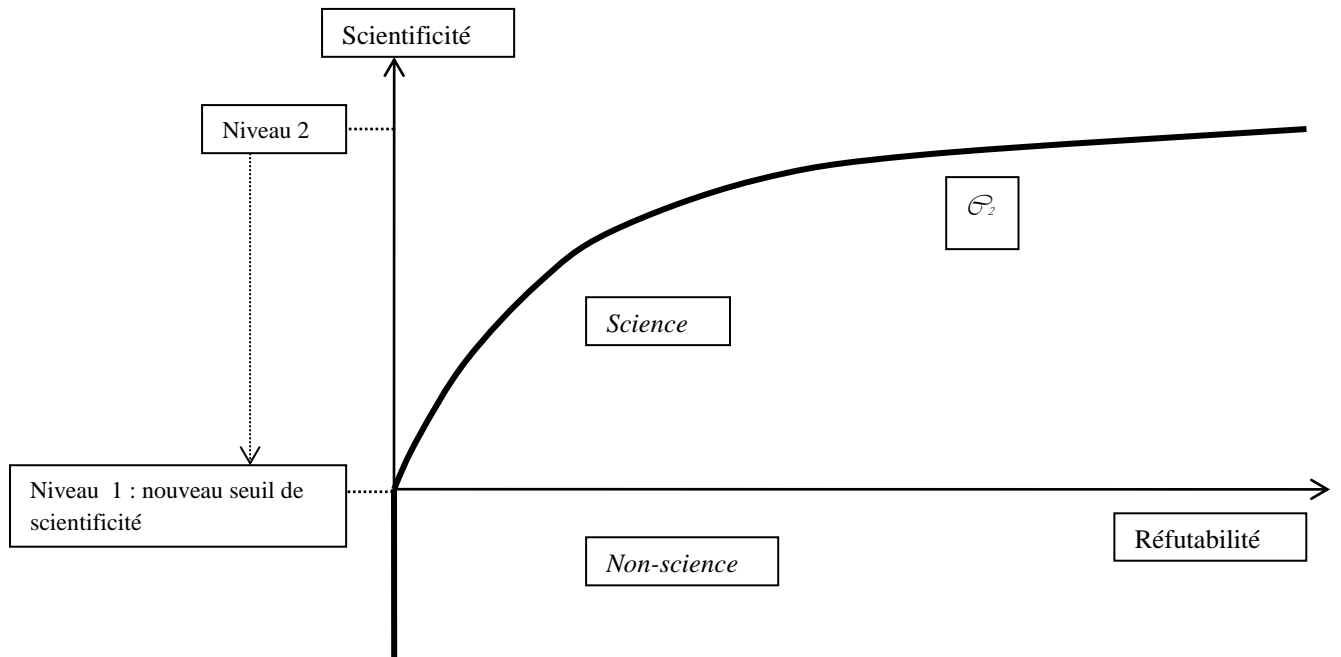


Fig. 7 - Abaissement du seuil de scientificité par la réfutation

Commentaires de la figure 7 : Les tests de l'énoncé par recherche de réfutations, obéissant au réquisit de l'expérience réelle, permettent d'abaisser le niveau de scientificité au point de flexion de la courbe \mathcal{G}_2 . Les énoncés métaphysiques préscientifiques acquièrent lors de leur confrontation avec le réel le statut d'énoncé scientifiques. La conservation de la forme hyperbolique de la courbe nous semble légitimée par un accroissement initial de la scientificité plus important lors de l'acquisition de la réfutabilité que lorsque la falsifiabilité tend vers l'infini et pour laquelle le degré de scientificité doit tendre vers une valeur limite.

Afin d'essayer d'ancrer la réfutabilité dans le monde de l'expérience, Popper va construire un fondement pratique au critère de démarcation, c'est-à-dire un fondement qui s'enracinerait dans les réussites historiques de la réfutation.

6. La réfutation au chevet de la réfutabilité

La démarche poppérienne se présente selon une ligne temporelle qui commence invariablement par la réfutabilité puis se continue (éventuellement) par la réfutation. La réfutabilité est première chronologiquement par rapport à la réfutation puisqu'elle fonde la « vraie science » constituée du corpus des énoncés scientifiques ; c'est seulement dans un deuxième temps que l'énoncé scientifique passe au crible de la réfutation. La réfutabilité, en envisageant les relations logiques et techniques existant entre les énoncés de base avec la théorie, est aussi une étape qui prépare le passage à la pratique, et en ce sens on peut dire que la réfutabilité fonde la réfutation. Cet acte de fondement, s'il s'appuie sur la logique, est à la fois principiel et conventionnel et constitue, s'il en est, le point faible de l'épistémologie poppérienne. Cependant Popper légitime ce fondement par la fécondité du critère : « ma seule raison de proposer mon critère de démarcation est sa fécondité³³⁴ ». Citant K. Menger dans *La logique de la découverte scientifique* (« les définitions sont des dogmes ; seules les conclusions que nous en tirons peuvent nous offrir un nouvel aperçu des choses³³⁵ »), il reconnaît que l'aspect dogmatique de son critère est *in fine* validé par les réfutations réussies. Dans l'introduction de 1982 du *Postscript*, il propose « une liste de quelques cas frappants (réunis presque par hasard) qui ne peuvent être compris que comme des cas de réfutation³³⁶ » et qu'il qualifie d'impressionnante ; il s'agit de vingt réfutations en physique conduisant à des « reconstructions théoriques révolutionnaires ». Si donc la réfutation est fondée par la logique et la technique potentielle de la réfutabilité, c'est selon Popper, la réussite pragmatique de la réfutation (voir ci-dessus partie I.C.3) qui fonde en retour la réfutabilité et valide le choix même du critère de démarcation. Car c'est bien parce que l'histoire des sciences peut être interprétée comme une histoire de la réfutation que du même coup, le critère de démarcation

³³⁴ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., p. 52.

³³⁵ *Ibid.*

³³⁶ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science*, op.cit., p. 8.

se trouve légitimé. « Que [mon critère de démarcation entre science et non-science] soit bon ou mauvais, il sera démontré par sa fécondité³³⁷ ». Popper en appelle à l'histoire des sciences qui sera, par-delà de toute critique, le seul témoin objectif de la validité de son critère. On ne peut donc mettre en évidence un fondement ultime de l'épistémologie poppérienne qui se trouve être, en terme de fondation, circulaire : si la réfutabilité fonde chronologiquement la réfutation (*pro actio*), cette dernière légitime pragmatiquement la réfutabilité (*post actio*). A travers l'importance de la réfutation telle que le présente l'histoire, Popper reconnaît donc *de facto* la nécessité fondamentale de l'acte pratique et ceci paradoxalement, puisque ce dernier, par son faillibilisme, était écarté du critère de démarcation. Si l'acte effectif doit être écarté du critère de démarcation, il n'en demeure pas moins vrai qu'il s'y réintroduit comme élément de fondement dudit critère ; c'est-à-dire qu'il est au fondement d'un concept dont il est lui-même exclu et dont il est en même temps le produit accessoire. En appeler à la fécondité du critère n'est qu'une façon détournée de sauver le critère de démarcation par la réfutation, celle-là même que Popper a fini par écarter pour des raisons d'opérabilité.

Le thème de la rétroaction est assez courant chez Popper, on le retrouve dans une intéressante réflexion présentée dans l'article « Vérité, rationalité et progrès de la connaissance scientifique » de *Conjectures et réfutations*. Popper y montre l'effet paradoxal d'amplification empirique d'une théorie après réfutation. Il fait tout d'abord observer que la répétition d'un test atténue sensiblement la signification d'une théorie comme par une sorte de loi de rendement décroissant. Par contre, quand une théorie est falsifiée, grâce à la réfutation, elle perd de son aspect définitionnel et très formel pour recouvrir « par voie de conséquence le caractère empirique qu'elle avait cessé d'avoir³³⁸ ». On voit bien combien demeure fondamental le rapport à l'expérience pour une théorie du corpus scientifique seulement

³³⁷ ("How good or bad [my criterion of demarcation between science and nonscience] is will be shown by its fertility"), POPPER Karl R., « Replies to my critics » in *The Philosophy of Karl Popper*, *op.cit.*, p. 978.

³³⁸ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique* (1963), *op.cit.*, p. 355.

définie par la réfutabilité. C'est ici tout de même un aveu de Popper de l'impossible identité réfutabilité = empiricité = scientificité, puisque l'empiricité augmente avec la réfutation de la théorie et non pas conjointement à la réfutabilité. Si la réfutation de la théorie newtonienne par les travaux d'Einstein accentue en retour son caractère empirique c'est bien parce que le rapport à l'expérience demeure, pour une science empirique, fondamental.

Il n'y a pas d'autres choix que de conclure cette partie par la thèse triviale suivante : *l'expérience potentielle de la réfutabilité n'est pas expérience en absence de confrontation avec le réel*. Si un critère de démarcation construit sur la seule réfutation a été *in fine* abandonné par Popper à cause de son faillibilisme, un critère de démarcation logico-technique compris comme une réfutabilité définitive (falsifiabilité₁) demeure un horizon limite inatteignable. L'on ne peut être que dubitatif sur la validité d'un critère potentiel bâti sur une empiricité théorique qui puisse être le critère de la science empirique. S'appuyer sur les réfutations historiques s'apparente à une stratégie immunisante car la réussite des réfutations ne peut être impactée à autre chose qu'à la réfutation elle-même et ne saurait, d'un point de vue logique, être attribuée à la réfutabilité qui demeure à jamais potentielle. Si pour Popper, la potentialité a pu être la solution aux difficultés d'un critère empirique de la réfutation, nous montrerons, au contraire (partie III.C.) qu'elle est aussi à l'origine de son inopérabilité. Le second réquisit énoncé par Alain Boyer, c'est-à-dire la nécessaire résistance des énoncés aux tests (« il faut aussi, bien entendu (...) qu'il résiste à ces tests ») prend alors toute sa légitimité.

Cette dualité, potentialité versus effectivité, se retrouve dans toutes les étapes de la méthodologie poppérienne, notamment celle de prédiction où les énoncés sont tour à tour potentiellement falsificateurs ou supposés vrais. La capacité prédictive d'une théorie scientifique est, selon Popper, le gage absolu de sa scientificité car les tests de réfutabilité ou

de réfutation permettent la confrontation de la théorie avec ce qu'elle interdit. C'est parce qu'elle a la capacité de prédire que la théorie est explicative : « L'emploi d'une théorie pour prédire un évènement particulier n'est simplement qu'un autre aspect de son emploi pour expliquer cet évènement³³⁹ ». On résume généralement cette identité par l'adage « prédire c'est expliquer ». Si l'on associe généralement le nom de Carl Hempel au modèle déductif nomologique d'explication que le philosophe a formalisé notamment dans *Philosophy of Natural Science* (1966)³⁴⁰, la paternité du modèle peut aussi être associée à Popper³⁴¹ qui en esquisse les grandes lignes dans *La logique de la découverte scientifique* avec l'exemple paradigmatique de la rupture d'un fil (voir *infra*). Classiquement le modèle D-N d'explication met en présence un *explanans*, formé de lois générales *L* et de conditions initiales *C*, et un *explanandum* *E*, phénomène dont une explication devra rendre compte (Hempel et Oppenheim 1948). Les explications déductives-nomologiques correspondent donc à des explications par subsomption sous des lois générales. Pour les tenants du modèle D-N d'explication, comme le nom l'indique, l'explication causale est formellement et structurellement identique à la prédiction. Le système est symétrique et la différence se situerait seulement au niveau pragmatique : peu importe donc de commencer par l'observation de l'*explanandum* puis par la mise en jeu de l'*explanans* ou l'inverse puisqu'il existe fondamentalement une relation de causalité (thèse de l'identité structurale). La philosophie des sciences s'étant développée dans ce cadre hempéliano-poppérien très restrictif à partir de la moitié du XXe siècle, on perçoit toute la difficulté, pour le marxisme, la

³³⁹ POPPER Karl R., *Misère de l'historicisme* (1956), *op.cit.*, p. 157.

³⁴⁰ HEMPEL Carl G., *Eléments d'épistémologie* (1966), traduction de *Philosophy of Natural Science* (1966) par Bertrand Saint-Sernin, Librairie Armand Colin, Paris, 1972, p. 79.

³⁴¹ La section 12 de *La logique de la découverte scientifique* (1934), « La causalité, l'explication et la déduction de prévisions » est souvent considérée par les historiens de la philosophie comme une propédeutique au modèle D-N d'explication formalisé par Hempel et Oppenheim (1948). Popper présente sa propre formalisation dans une conférence donnée aussi en 1948 et reprise dans l'appendice I de *La connaissance objective* (1972) intitulé : « Le seau et le projecteur : deux théories de la connaissance ». Les différences avec Hempel et Oppenheim y sont secondaires et essentiellement lexicales (par exemple *explicans* et *explicandum* à la place respectivement d'*explanans* et *explanandum*). Ces notions sont reprises dans « Le but de la science » (*Ratio*, vol.I, 1957) constituant le chapitre 15 du *Post-scriptum I* et le chapitre V de *La connaissance objective*.

psychanalyse et la théorie de l'évolution, dont les structures théoriques sont *a priori* assez éloignés du système D-N d'explication, à exister en tant que sciences prédictives. Le problème de la prédiction en science comme dans les pseudosciences sera le fil conducteur de cette seconde partie au cours de laquelle on confrontera, à notre tour, le critère poppérien à ces trois domaines de connaissances exemplifiés par Popper comme pseudoscience. Cependant on peut prédire de maintes façons, et confrontés à cette pluralité prédictive, nous ne pourrons faire l'économie d'une revue complète des systèmes prédictifs afin de les situer par rapport à la scientificité.

II. Prédications, sciences et pseudosciences

A. *Les capacités prédictives du marxisme et de la psychanalyse*

1. Prédications, prévisions et prophéties

Alors que les connaissances scientifiques et les prouesses technologiques auraient pu laisser croire, à l'aube du XXe siècle, à un avenir plus serein, le futur est toujours aussi incertain aux yeux de nos sociétés contemporaines immergées dans l'exposition médiatique des catastrophes d'origine naturelle (ouragan de *Katrina* en 2005...) comme techniques (accident nucléaire de *Fukushima daiichi* en 2011...). Les angoisses de notre avenir temporel ne semblent pas prêtes à se dissiper. Prédications, prévisions, prophéties, pronostics, projections, annonces, anticipations mais aussi présages et vaticinations en tout genre envahissent l'irrationalité de notre espace public sans que l'on ne sache toujours très bien ce qui est du ressort de la science et ce qui n'en est pas. Les distinctions terminologiques ne nous y aident guère, car si nous avons tendance, spontanément, à considérer que la prévision est plutôt scientifique (comme pourraient l'être les prévisions météorologiques contemporaines) alors que les prophéties (comme celle de l'illustre Nostradamus) nous semblent étrangères au domaine de la science, on parlera indifféremment de prédiction astronomique et de prédiction astrologique, de prévision météorologique et de prévision de trafic routier, de pronostic médical et de pronostic sportif ou de projection astrale et de projection climatique etc. Cette diversité terminologique interroge. On peut avancer l'hypothèse qu'elle n'est pas fortuite, et qu'elle reflète significativement une complexité intrinsèque que nous associerons à des *types de prédictions*. Bien que l'approfondissement lexicologique de la question ne soit pas au centre de nos préoccupations, un certain éclaircissement est souhaitable ne serait-ce que pour le confronter aux positions poppériennes.

Faut-il, par exemple, distinguer prévision et prédiction ? La différence semble assez ténue : si émettre une prédiction serait dire à l'avance (*praedicere*), faire une prévision correspondrait à voir à l'avance (*praevidere*). L'astrologie parle de prévision quand l'information est assez générale et qu'elle s'appuierait sur une « connaissance » ésotérique, et de prédiction quand l'information est plus précise et qu'elle résulterait d'un don particulier (en ce sens les devins effectuaient plutôt des prédictions météorologiques). On retrouve cette opposition généralité-précision dans certains domaines scientifiques pour lesquels une connaissance des phénomènes à venir, quoique ardemment souhaitée, n'est pas encore totalement possible : si l'on peut émettre une prévision à long terme d'un séisme, on ne pourra pas prédire (à l'heure actuelle) quoi que ce soit à court terme. Pour l'avoir confondu, le parquet de la ville de l'Aquila montre toute son ignorance en condamnant les sismologues de la Commission aux risques majeurs qui n'avaient pu prédire le 31 mars 2009, malgré les signes annonciateurs, qu'un tremblement de Terre aurait lieu six jours plus tard. La prédiction est, selon le sens commun, associée à une date précise, on prévoit une future éclipse de soleil mais on prédit une éclipse singulière (comme celle de Thalès). Les prévisions météorologiques, de plus en plus fines, devraient-elles être nommées, dans certains cas, des prédictions ? Non si l'on considère qu'une prévision s'appuie sur l'observation préalable de l'état d'un phénomène et dont l'objectif consiste à prévoir son évolution dans le futur. La prévision météorologique essaie d'anticiper le comportement futur d'un fluide, l'air, à partir de variables physiques précises (températures, pressions, humidité, densité de l'air, direction et vitesse du vent, précipitations, conditions nuageuses, le tout en surface et en altitude etc.) à l'aide de diverses lois physiques inhérentes à la théorie des fluides, la thermodynamique et au calcul des forces mais aussi grâce à l'expérience apportée par les observations précédentes et aux statistiques. A l'opposée les théories de la physique dite classique effectuent bien des prédictions scientifiques sans qu'il soit toujours nécessaire de suivre l'évolution d'un

phénomène préexistant. Dans un système dynamique (discret ou différentiel) la prédiction est possible car le système en question est régi par des lois causales dont les effets sont totalement déterminés (déterminisme) ; les systèmes stochastiques en sont exclus.

Si maintenant on regarde comment ces termes sont utilisés par Popper, on remarquera qu'il n'a pas non plus toujours été très constant dans leur utilisation ; on peut cependant dégager quelques orientations intéressantes. Dans *La société ouverte et ses ennemis* (1945), Popper oppose la prévision (*forecast* en anglais) scientifique à la prédiction (*prediction*) historique : « [L'historicisme] découle d'une confusion entre la *prévision scientifique*, telle qu'elle existe en physique ou en astronomie par exemple, et la *prédiction historique*³⁴² » (italiques de l'auteur). Prévoir serait donc l'apanage des sciences nomothétiques alors que prédire appartiendrait au vocabulaire des sciences plus idéographiques. Cependant cette différence doit être atténuée par le fait que généralement les prédictions historiques sont plutôt qualifiées dans cet ouvrage de prophéties (*prophecy*) comme le montre par exemple les têtes de chapitre : « La philosophie prophétique », « La prophétie de Marx » etc. Si la prophétie de par son étymologie grecque (de *prophētês* : « qui dit d'avance ») est identique à la prédiction latine (de *praedicere* : « dire d'avance »), elle prend généralement le sens de révélation dans les religions monothéistes abrahamiques. Ce serait donc pour souligner l'absence de contenu scientifique inhérente à toute prédiction historique que Popper choisit de parler de prophétie : « Le type de prophéties que propose le marxisme sont [*sic*] plus apparentées, du point de vue logique, à celles de l'Ancien Testament qu'aux prédictions formulées en physique moderne³⁴³ ». En effet, comme il le rappelle dans *Misère de l'historicisme*, la prophétie n'est pas du ressort de la science : « Je ne crois pas que la prédiction historique, c'est-à-dire une

³⁴² POPPER Karl R., *La société ouverte et ses ennemis, Tome 2 Hegel et Marx* (1945), trad. de Jacqueline Bernard et Philippe Monod, Paris, Editions du Seuil, 1979, p. 62.

³⁴³ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations* (1963), *op.cit.*, p. 492.

prédiction qui ait le caractère d'une prophétie historique, soit une des tâches de la science³⁴⁴ ».

Quant à la notion de prédiction, on peut lire les précisions suivantes :

« Ce qui est important c'est de se rendre compte qu'en science nous avons toujours affaire à des explications, des *prédictions* et des tests, et que la méthode selon laquelle on teste les hypothèses est dans l'ensemble invariable ».

(...) « Si nous considérons les lois et les conditions initiales comme non problématiques, et si nous ne les utilisons que pour déduire la *prévision*, afin d'obtenir par là une nouvelle information, alors nous parlons de *prédiction* (c'est le cas où nous appliquons nos résultats scientifiques)³⁴⁵ ».

Ici, contrairement à ce qui a été dit précédemment, Popper parle bien de prédiction dans un registre scientifique ; il dissocie la prédiction comme l'acte de prévoir, de la prévision comme le résultat de cette prédiction c'est-à-dire le phénomène événementiel. Cette position semble plutôt conforme à l'emploi de ces mots dans *La logique de la découverte scientifique* :

« C'est de la conjonction des énoncés universels et des conditions initiales que nous déduisons l'énoncé singulier "ce fil cassera". Nous appelons cet énoncé une *prévision* spécifique ou singulière.

Les conditions initiales décrivent ce que l'on appelle habituellement la "cause" de l'évènement en question. (...) La prédiction décrit, quant à elle ce qu'on appelle habituellement l'"effet"³⁴⁶ ».

Popper s'oriente donc vers une opposition nette entre le couple prédiction et prévision scientifiques et la prophétie historique. Qu'est-ce qui les différencie fondamentalement ?

Les thèses sociales et politiques de Popper font constamment référence, à titre comparatif, à ses travaux épistémologiques. Car si les sciences théoriques sont assez bien fondées par leurs lois universelles (quoique ayant toujours un statut finalement conjoncturel), les sciences historiques se construisent à partir d'énoncés singuliers et donc ne peuvent prétendre à une quelconque universalité mais seulement à des tendances générales. Pour Popper la confusion entre lois et tendances générales, « est l'erreur centrale de l'historicisme » :

« Ses "lois d'évolution" s'avèrent être des tendances absolues ; tendances qui, comme des lois, ne dépendent pas de conditions initiales, et qui nous emportent irrésistiblement selon une certaine direction, vers l'avenir. Elles sont le fondement de prophéties inconditionnelles, contrairement aux prédictions scientifiques conditionnelles³⁴⁷ ».

³⁴⁴ POPPER Karl R., *Misère de l'historicisme* (1956), *op.cit.* p.18.

³⁴⁵ *Ibid.*, p. 166, 167, 168 (italiques ajoutées).

³⁴⁶ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p. 58 (italique de l'auteur).

³⁴⁷ *Ibid.*, p. 162.

La différence fondamentale entre prédictions scientifiques et prophéties historiques est donc à rechercher dans la conditionnalité ou l'inconditionnalité de ce qui est annoncé. Selon Popper, les prédictions scientifiques dépendent de conditions particulières. Par exemple l'ébullition de l'eau peut être prédite si la température de celle-ci est augmentée (ou si la pression à laquelle elle est soumise diminue). Ces prédictions s'appuient sur des lois universelles (dans notre exemple les lois de la thermodynamique) qui elles ne sont pas conditionnelles. C'est lorsque certaines conditions sont réunies, que la prédiction, conformément aux lois, s'avère possible.

A ce propos, il est intéressant de préciser l'exemple prédictif paradigmatique de la rupture d'un fil sous l'effet d'un poids, présenté précédemment, auquel Popper fait à plusieurs reprises référence. Il est présenté dans *La logique de la découverte scientifique* (et repris dans *La société ouverte et ses ennemis*³⁴⁸ puis de nouveau dans *Misère de l'historicisme*). Cet exemple lui permet de préciser la notion d'explication causale, mais aussi d'introduire celle de loi entendue comme régularité universelle qu'il peut opposer à la notion d'énoncé singulier. Deux lois sont énoncées ainsi : « Pour tout fil d'une structure donnée S (déterminée par sa matière, son épaisseur, etc.), il y a un poids caractéristique P tel que le fil rompra si un poids excédant P lui est suspendu » ; et « Pour tout fil de la structure S1, le poids caractéristique P est égal à une livre³⁴⁹ ». A partir d'une telle loi universelle et de conditions initiales (« Ceci est un fil de structure S1 » et « Le poids fixé à ce fil était un poids de deux livres³⁵⁰ »), il est alors possible d'émettre un énoncé prédictif : « Ce fil se rompra³⁵¹ ». Cette prédiction est évidemment réfutable, par exemple par l'énoncé suivant : « Le fil de structure S1 résiste à une charge de deux livres ». Elle pourra aussi être confrontée aux données expérimentales et dans le cas où elle ne se réalise pas, la prédiction est donc réfutée.

³⁴⁸ POPPER Karl R., *La société ouverte et ses ennemis, Tome 2 Hegel et Marx* (1945), *op.cit.*, p. 176.

³⁴⁹ POPPER Karl R., *Misère de l'historicisme* (1956), *op.cit.*, p. 155 (signalons que dans *La logique de la découverte scientifique*, Popper ne propose qu'une seule loi et deux conditions initiales, une condition initiale étant modifiée en énoncé universel, *op.cit.*, p. 58).

³⁵⁰ *Ibid.*

³⁵¹ *Ibid.*

A l'opposé, les prophéties historiques seraient fondamentalement inconditionnelles car elles s'appuient sur des tendances que les historicistes pensent être fondées sur des lois soi-disant universelles comme celles de la psychologie ou du matérialisme dialectique. Donc, les prophéties selon les historicistes ne s'appuient sur aucune conditions particulières mais bien uniquement sur des lois qu'ils croient inconditionnelles. Cependant Popper fait remarquer : « Or Mill et ses compagnons historicistes *ne remarquent pas que les tendances générales dépendent de conditions initiales*. Ils traitent les tendances comme si elles étaient aussi inconditionnelles que des lois³⁵² ». En réalité, toujours selon Popper, les tendances générales (et non pas les lois) historicistes sont conditionnelles au même titre que les prédictions scientifiques, cependant contrairement aux secondes, elles ne s'appuient pas sur des lois universelles permettant d'effectuer de véritables prédictions. Tout au plus « on pourra éventuellement faire certaines prophéties. (...) Mais cette application des prédictions conditionnelles est assez limitée. Car les aspects les plus décisifs de l'évolution historique ne comportent pas de répétition³⁵³ ». On parlera donc de prédictions ou de prophéties selon le point de vue auquel on se place : si les tenants de l'historicisme pensent pouvoir prédire les grands bouleversements sociaux, leurs opposants leur concèdent la possibilité de prophétiser de vagues tendances.

Mais Popper complique notre recherche de clarification en considérant que la prophétie n'est pas à écarter du domaine scientifique, et pourrait être un genre particulier de prédiction comme le montre le texte suivant extrait de *Misère de l'historicisme* :

« On ne s'est (...) pas toujours rendu compte qu'on peut distinguer dans la science deux genres de prédictions différents, et par conséquent deux façons différentes d'être pratique. Nous pouvons prédire (a) la venue d'un typhon, prédiction qui peut présenter une très grande valeur pratique parce qu'elle permet aux gens de se mettre à l'abri du temps ; mais nous pouvons aussi prédire (b) que, pour qu'un certain abri soit capable de résister à un typhon, il doit être construit d'une certaine façon, par exemple avec des contreforts de béton armé du côté nord.

Ces deux genres de prédictions sont évidemment très différents, bien qu'ils soient tous deux importants et qu'ils répondent à des rêves millénaires. Dans un cas, on nous parle d'un évènement que nous ne pouvons en rien empêcher : j'appellerai prophétie une prédiction de ce

³⁵² *Ibid.*, p. 161 (italiques de l'auteur).

³⁵³ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations* (1963), *op.cit.*, p. 496.

genre. Sa valeur pratique repose sur le fait que nous sommes avertis de l'évènement prédit, de telle sorte que nous pouvons nous préparer à l'affronter (...). A celle-ci s'opposent les prédictions d'un second genre, que nous pouvons décrire comme des prédictions technologiques, puisqu'elles forment le point de départ d'une technique. (...) La majeure partie de la physique (presque la totalité si l'on excepte l'astronomie et la météorologie) fait des prédictions d'une forme telle qu'on peut, d'un point de vue pratique, les décrire comme des prédictions technologiques³⁵⁴ ».

La distinction opérée ici par Popper, comme il le précise d'ailleurs, est essentiellement pratique. Il oppose la prédiction prophétique caractérisée par son côté inéluctable à la prédiction technologique qui correspond à une prédiction liée à un domaine d'application technique et que donc l'homme est capable de maîtriser. Si l'on peut comprendre les raisons du choix poppérien, on est en droit de s'étonner de l'importante différence sémantique opérée avec les prophéties marxistes ou de l'ancien testament. Popper ne réserve plus le terme de prophétie aux prédictions qui seraient du ressort des pseudosciences. Certes, il s'agit ici d'une sous classe de prédictions scientifiques, mais, comme nous allons le voir, Popper ne considèrera pas toujours, loin s'en faut, que le marxisme initial est étranger à la science. Cette apparente contradiction s'explique si, comme précédemment, on se place dans la position des historicistes : les prophéties marxistes étant inéluctables, elles rentrent dans le cadre des « prédictions » pratiques qui ne sont pas technologiques. D'ailleurs les historicistes nient que les expériences sociologiques soient utiles et considèrent qu'elles sont impossibles ; il n'existerait pas de sociotechnique. Donc, si dans *La société ouverte et ses ennemis* Popper avait qualifié de prophéties les « lois d'évolution » de l'historicisme pour mieux les différencier des prévisions scientifiques, il complète par la suite sa définition par le caractère fondamentalement inéluctable des prophéties et totalement étranger à toute forme de technique. De ce point de vue, la prophétie ne différencie plus les activités pseudo-scientifiques des prévisions scientifiques. La démarcation entre science et pseudoscience ne passe donc pas entre les prophéties et les prédictions, mais au sein même des prophéties, entre celles qui relèvent de l'activité scientifique, comme les « prophéties astronomiques » et celle

³⁵⁴ POPPER Karl R., *Misère de l'historicisme* (1956), *op.cit.* pp. 54 et 55.

qui lui sont apparemment étrangère comme les prophéties marxistes : « le fait que nous sachions prévoir les éclipses ne nous autorise donc pas à espérer pouvoir prédire les révolutions³⁵⁵ ». Par contre les prédictions technologiques seraient de nature scientifique.

Nous prenons acte des choix terminologiques poppériens. Des choix qui sont restés assez confidentiels et n'ont finalement que très peu (ou pas) influencés les philosophes ou les scientifiques. Peut-être parce qu'il n'est pas certain qu'ils aient beaucoup contribué à clarifier les *types de prédiction*. Toujours est-il que le vocabulaire du langage scientifique comme celui du langage commun ne fait pas grand cas de ces différences. La notion de prophétie reste étrangère à la science, et demeure plutôt l'apanage des prophètes religieux, notion à laquelle on lui préférera celle de prévision, de prédiction, de projection, de pronostic ou autres annonces. Généralement les termes s'interpénètrent et leur utilisation est d'abord affaire d'habitude en fonction des domaines scientifiques ou ésotériques où ils ont cours.

Plus important, nous semble être la confrontation directe des différentes prédictions avec le critère de démarcation. Car, finalement, le cœur même du problème se situe dans cette mise en perspective, c'est-à-dire dans l'applicabilité du critère de démarcation avec les différents domaines de prédiction. Quels enseignements peut-on tirer des positions poppériennes vis-à-vis des prétentions prédictives et scientifiques du marxisme et de la psychanalyse ?

2. Marxisme, prédiction et science

Le marxisme est, selon Popper, une théorie historiciste c'est-à-dire « une approche des sciences sociales qui fait de la *prédiction historique* [son] principal but, et qui enseigne que ce but peut être atteint si l'on découvre les rythmes ou les "modèles", les "lois" ou les "tendances générales" qui sous-tendent les développements historiques³⁵⁶ ». C'est même le plus abouti des historicismes par le fait qu'il envisage l'histoire comme le développement d'un processus

³⁵⁵ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations* (1963), *op.cit.*, p. 496.

³⁵⁶ POPPER Karl R., *Misère de l'historicisme* (1956), *op.cit.* p. 7.

identifié et déterminé, dont le moteur est la lutte des classes permettant de prévoir le futur. En effet, la tâche du socialisme scientifique est d'annoncer l'avènement du socialisme politique et d'accélérer celui-ci en préparant les hommes aux changements imminents qu'ils vont connaître et dont ils seront les acteurs. Le marxisme se présente donc à la fois comme une science capable de prédictions historiques et comme le fondement d'une action politique conduisant à l'abolition des classes sociales et à une société meilleure. Popper y voit ici une certaine incohérence : si l'avènement du socialisme est inéluctable, l'action politique reste limitée puisque elle consiste au mieux à seulement anticiper le cours de l'histoire :

« La position historiciste de Marx est en opposition avec le pragmatisme dont il était parti³⁵⁷. Elle est incompatible avec l'idée que la science peut et doit changer le monde ; car s'il peut avoir une science sociale, et, partant, une prophétie historique, le cours général de l'histoire est prédéterminé et il n'y a rien à faire là contre³⁵⁸ ».

On retrouve ici l'absurdité d'une prétention prédictive sociale qui s'appuierait sur un déterminisme scientifique absolu et prônerait en même temps un interventionnisme politique. Comme pour toute prédiction touchant un homme singulier (comme l'astrologie) ou un groupe humain (comme la prophétie marxiste), et qui s'apparente à un destin inéluctable, la liberté individuelle est finalement très limitée si ce n'est absente, car elle ne pourrait s'exercer seulement dans un cadre prédéfini (ce qui en constitue un déni). Finalement, « un historicisme vraiment scientifique (...) n'a qu'à se soumettre aux lois existantes de l'évolution, exactement comme nous le faisons pour les lois de la pesanteur³⁵⁹ ». De plus, comme le souligne Popper, cette prétention historiciste peut être idéologiquement dangereuse ; par exemple les communistes allemands ont, d'une certaine façon, favorisé la prise de pouvoir des nazis³⁶⁰, étant convaincus qu'elle précipiterait l'avènement du socialisme marxiste, contrairement à la République de Weimar, produit de la démocratie bourgeoise.

³⁵⁷ Popper fait ici allusion à la position de Marx réclamant une transformation du monde : « Les philosophes n'ont fait, de diverses manières, qu'*interpréter* le monde ; alors qu'il s'agit de le *transformer* ». Onzième des *Thèses sur Feuerbach* (1845).

³⁵⁸ POPPER Karl R., *La société ouverte et ses ennemis, Tome 2 Hegel et Marx* (1945), trad. de Jacqueline Bernard et Philippe Monod, Paris, Editions du Seuil, 1979, p. 62.

³⁵⁹ POPPER Karl R., *Misère de l'historicisme* (1956), *op.cit.* p. 68.

³⁶⁰ Lors des élections de 1932, les communistes refusent de soutenir les socialistes.

Dans *La société ouverte et ses ennemies*, Popper entreprend une analyse minutieuse des prophéties marxistes à la lumière de l'histoire. Sont étudiées, tout à tour, la concurrence, l'accumulation, la productivité croissante, puis les thèses de la concentration et de la centralisation de la richesse et enfin la loi de paupérisation. Popper distribue les bons points et les blâmes, remarquant qu'ici la tendance à l'accumulation du capital est indiscutable, mais que là, la loi de la paupérisation n'est pas valide car elle va à l'encontre de l'observation générale de l'augmentation du niveau de vie des travailleurs (notamment au cours de la crise des années 1930). Bref, « Marx a échoué en tant que prophète³⁶¹ » parce que ce qu'il avait annoncé ne s'est pas toujours passé comme prévu. C'est la faute de l'historicisme qui confond tendance et loi prédictive. Popper souligne que « chaque fois que Marx a vu juste, *ce n'est pas grâce à l'emploi de la méthode historiciste mais grâce à celle de l'analyse institutionnelle*³⁶² » qui n'a rien à voir avec des prétendues « lois de l'histoire » comme « les lois inexorables du développement ». Pour le Popper sociologue des sciences de la première partie du XXe siècle, la réfutation par l'histoire des prophéties marxistes fait du marxisme un savoir, plus à rapprocher de la religion que de la véritable connaissance scientifique :

« Une prophétie exacte ne prouve pas nécessairement que la théorie dont elle s'inspire soit scientifique. Elle peut s'expliquer, au contraire, par le caractère quasi religieux de celle-ci, et il y a dans le marxisme un élément religieux incontestable³⁶³ ».

Misère de l'historicisme est l'occasion pour Popper de théoriser la critique des courants historicistes et donc indirectement des prétentions scientifiques du marxisme. Il n'existe ni déterminisme historique, ni lois du développement historique permettant d'échafauder des prédictions. Par contre les sciences historiques possèdent en commun avec les sciences théoriques (contrairement à ce qu'affirment certains historicistes), une unité de méthode fondamentale, celle qui consiste à la mise à l'épreuve critique des hypothèses (*i.e.* le critère de démarcation). Cependant les hypothèses testées n'ont pas du tout le même statut logique car :

³⁶¹ POPPER Karl R., *La société ouverte et ses ennemis*, Tome 2 *Hegel et Marx* (1945), *op.cit.*, p. 127.

³⁶² *Ibid.*, p. 129.

³⁶³ *Ibid.*

« Tandis que les sciences théoriques se préoccupent principalement de découvrir et de tester les lois universelles, les sciences historiques admettent tous les types de lois universelles et se préoccupent exclusivement de découvrir et de tester des énoncés singuliers³⁶⁴ ».

Un énoncé singulier historique, c'est par exemple « Napoléon abandonna le plateau du Pratzen le 28 novembre 1805 ». Nous verrons que ces énoncés (partie II.C.2) sont testables et donc réfutables³⁶⁵, c'est pourquoi, si nous suivons Popper, il existerait bien une science historique. Le marxisme étant bâti sur des tendances générales et non des lois, ce serait donc ces premières qu'il faudrait tester et tenter de réfuter. Mais on ne trouve, dans la limite de nos recherches, aucune tentative de ce genre pendant les décennies 1940-1950. Le marxisme est rejeté comme méthode scientifique comme l'atteste cet extrait de « Prédiction et prophétie en sciences sociales » (1948) - « Cette critique de la conception historiciste fait entièrement justice des prétentions à la scientificité du marxisme (...)»³⁶⁶ » - non pas parce qu'il serait possible de le réfuter (réfutabilité) mais plutôt, comme nous l'avons indiqué, parce que ses thèses ont été réfutées empiriquement par l'histoire elle-même. Cette absence de recherche de réfutabilité des théories marxistes rejoint bien évidemment la thèse que nous avons défendue dans la première partie : pendant les décennies 1940-1950 (ce que nous avons appelé la seconde période), la perception du critère de démarcation est plus méthodologico-empirique, l'aspect potentiel de la réfutabilité se trouvant écartée au profit de la réfutation empirique.

Cependant, parallèlement à l'évolution de la perception de son critère, Popper va faire évoluer (sans vraiment le signaler) sa position vis-à-vis de la scientificité du marxisme. Le passage ci-dessous extrait de « Replies to my critics » (1974), est, de ce point de vue, très intéressant :

« Le marxisme a été une théorie scientifique : il a prédit que le capitalisme conduirait à une misère croissante et, à travers une révolution plus ou moins douce, au socialisme ; il prédit que cela arriverait d'abord dans les pays techniquement les plus développés ; et il prédit que l'évolution

³⁶⁴ POPPER Karl R., *Misère de l'historicisme* (1956), *op.cit.* p. 180.

³⁶⁵ Le lien entre réfutabilité et scientificité des énoncés singuliers historiques sera affirmé dans l'article de 1948, « Le seau et le projecteur : deux théories de la connaissance », POPPER Karl R., *La connaissance objective* (1972), pp. 518 et suivantes.

³⁶⁶ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations* (1963), *op.cit.*, p. 500.

technique des "moyens de production" conduirait à l'évolution sociale, politique et idéologique, plutôt que l'inverse.

Mais la révolution (dite) socialiste est venue en premier dans l'un des pays techniquement le plus en retard. Et au lieu des moyens de production produisant une nouvelle idéologie, le marxisme est devenu l'idéologie de Lénine et de Staline, pour lesquels la Russie doit aller de l'avant avec son industrialisation (« Le socialisme est la dictature du prolétariat plus l'électrification ») qui a favorisé le développement de nouveaux moyens de production.

Ainsi pourrait-on dire que le marxisme a été une science, mais qui a été réfutée par certains des faits qui se trouvaient en conflit avec ses prédictions (je l'ai mentionné ici que quelques-uns de ces faits).

Cependant, le marxisme n'est plus une science, car il enfreint la règle méthodologique que nous devons accepter la falsification, et il se vaccine contre la réfutation la plus flagrante de ses prédictions. Depuis lors, il peut être décrit seulement comme non scientifique, comme un rêve métaphysique, si vous voulez, marié à une cruelle réalité³⁶⁷ ».

Comme précédemment, Popper rappelle que de nombreuses thèses prédictives marxistes ont été réfutées par le cours de l'histoire (ce n'est pas, par exemple, au Royaume-Uni, pays techniquement le plus développé à la fin du XIXe siècle que s'est opérée la révolution socialiste). Cependant cela n'empêche pas que le marxisme original, c'est-à-dire bien évidemment celui écrit et professé par Karl Marx, puisse être une discipline scientifique : « le marxisme a été une théorie scientifique ». Comme nous l'avons montré dans la partie I, les années 1970 sont postérieures à son revirement logique : une théorie est scientifique si elle est potentiellement réfutable. Dommage que Popper se contente de le dire sans le montrer réellement, ce que nous nous proposerons de faire par la suite. La seconde idée particulièrement intéressante, c'est que si le marxisme n'est plus une science, c'est parce qu'il « enfreint la règle méthodologique que nous devons accepter la falsification et se vaccine contre la réfutation la plus flagrante de ses prédictions » (remarquons en passant que Popper

³⁶⁷ ("Marxism was once a scientific theory: it predicted that capitalism would lead to increasing misery and, through a more or less mild revolution, to socialism; it predicted that this would happen first in the technically highest developed countries; and it predicted that the technical evolution of the "means of production" would lead to social, political, and ideological developments, rather than the other way round.

But the (so-called) socialist revolution came first in one of the technically backward countries. And instead of the means of production producing a new ideology, it was Lenin's and Stalin's ideology that Russia must push forward with its industrialization ("Socialism is dictatorship of the proletariat plus electrification") which promoted the new development of the means of production.

Thus one might say that Marxism was once a science, but one which was refuted by some of the facts which happened to clash with its predictions (I have here mentioned just a few of these facts).

However, Marxism is no longer a science; for it broke the methodological rule that we must accept falsification, and it immunized itself against the most blatant refutations of its predictions. Ever since then, it can be described only as nonsense-as a metaphysical dream, if you like, married to a cruel reality" -je traduis -).

POPPER Karl R., "Replies to my critics" in *The Philosophy of Karl Popper*, op.cit., pp. 984 et 985.

ne parle plus ici de prophéties). Deux points importants sont à souligner. Tout d'abord Popper ne dissocie pas nettement, selon nous, le marxisme originel de ses mutations idéologiques (certains diraient sa dénaturation) notamment par Lénine ou Staline. Dans le cadre d'un critère de démarcation potentiel, si le marxisme établi par Marx et Engels a été scientifique, il ne peut pas ne plus l'être. Rappelons que selon le Popper postérieur aux années 1960, la réfutation empirique n'obère en rien la scientificité d'une théorie : « Une telle théorie fausse, falsifiée est manifestement falsifiable et a donc un caractère empirico-scientifique, bien que, par sa réfutation, elle se trouve exclue en tant que fausse (mais pas en tant que non scientifique) des hypothèses de la science reconnue du moment³⁶⁸ ». Les transformations du marxisme originel opérées par les théories et les idéologies qui lui sont postérieures n'ont pas à être prises en compte dans la validité scientifique du marxisme. On peut interpréter cette position comme un moyen, pas très honnête, permettant de se rapprocher de ses anciennes thèses.

Beaucoup plus intéressante est l'affirmation d'un nouveau complément au critère de démarcation, car c'est bien de cela dont il s'agit. Ce que Popper appelle toujours le marxisme et que nous préférons appeler le néomarxisme (issu des nouvelles considérations léninistes et staliniennes) n'est pas scientifique non pas parce qu'il ne serait pas réfutable (Popper n'en parle pas), mais bien parce qu'il « enfreint la règle méthodologique que nous devons accepter la falsification, et il se vaccine contre la réfutation la plus flagrante de ses prédictions ». Le critère de démarcation sort ici de son unique registre logico-technique et devient un problème d'attitude scientifique. Selon Popper, les néomarxistes, en rejetant l'évidence de la réfutation empirique des nombreuses thèses de leur mentor, se mettent *de facto* hors la science. Refuser d'admettre une réfutation empirique effective d'une théorie est proprement un déni de l'attitude scientifique. En d'autres termes, l'on voit que le critère s'échappe des strictes

³⁶⁸ POPPER Karl R., *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1931-32), Introduction de 1978, *op.cit.*, p. 17.

considérations logiques et techniques de la réfutabilité qui seraient étrangères à un certain « état d'esprit », à la subjectivité même du théoricien et pouvant être indépendamment testé. Ce ne sont pas les nouvelles théories léninistes ou staliniennes qui sont accusées de non scientifiques parce qu'elles enfreindraient directement le critère de démarcation (la réfutabilité), mais les attitudes doctrinaires de Lénine, de Staline ou d'untel qui sont incompatibles avec celles d'un scientifique. En quelque sorte, la science ne se définit plus par les seules mises à l'épreuve de ses théories, mais aussi par l'attitude, le rapport à l'expérimentation de ceux qui la pratiquent. Nous reviendrons sur ce point fondamental lors de notre recherche d'un critère de scientificité (partie III.C.3).

3. Psychanalyse, prédiction et science

Comparativement au marxisme, Popper a peu écrit sur la psychanalyse (et sa position est demeurée pratiquement inchangée tout le long de sa vie), pourtant l'identification de celle-ci à une pseudoscience a eu et a toujours une influence notable même en dehors des stricts domaines de la philosophie et de la psychanalyse. La première fois où Popper aborde ce point, c'est au cours d'une conférence de 1953, reprise dans le chapitre premier de *Conjecture et réfutation*, et intitulée « La science ; conjectures et réfutations ». Et c'est sous l'angle autobiographique, comme nous l'avons indiqué dans la partie I, que la question a été posée et apparemment résolue. Cette argumentation est reprise, pratiquement à l'identique, dans *La quête inachevée*, livre autobiographique de Popper. Ce dernier pose le problème en ces termes : « En quoi le marxisme, la psychanalyse et la psychologie individuelle sont-ils insatisfaisants ? Qu'est-ce qui les rend si différents des théories physiques, de la théorie newtonienne et, surtout, de celle de la relativité ?³⁶⁹ ». A la première question, Popper évoque le « pouvoir explicatif apparent » des trois théories, consistant à rendre compte de la quasi-

³⁶⁹ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique*, op.cit., p. 61.

totalité des phénomènes relevant de leur domaine d'attribution : « Dès lors qu'on avait les yeux dessillés, partout l'on apercevait des confirmations : l'univers abondait en *vérifications* de la théorie³⁷⁰ ». Pour Popper la théorie psychanalytique trouve confirmation par les données cliniques qui peuvent toujours être adaptées aux besoins de la vérification. Concernant la seconde question, la réponse la plus précise se trouve dans les « Replies to my critics » (1977) :

« Ce qui empêche [aux] théories [de Freud et d'Adler] d'être scientifiques dans le sens décrit ici est, très simplement, qu'elles n'excluent aucun comportement humain physiquement possible³⁷¹ ».

Ce n'est évidemment pas le sens de ces théories ou même leur vérité qui pose problème mais leur absence d'exclusion c'est-à-dire de capacité à prévoir ce qui doit être rejeté ; car « les lois naturelles (...) sont des 'proscriptions' ou des 'prohibitions'³⁷² ». A l'opposé des théories scientifiques, comme la théorie de la relativité d'Einstein, la psychanalyse procède de mythes (il est vrai comme les premières lors de leur élaboration initiale) et n'arrive pas à dépasser ce cadre « métaphysique » qui ne lui permet pas d'être testé. Pour Popper la démonstration est achevée, et il est plus que temps de s'attacher à montrer la démarche épistémologique erronée qui sous-tend l'élaboration de cette soi-disant science des processus psychiques. Il est clair que l'objectif principal de Popper, est ici d'utiliser la psychanalyse (et la psychologie individuelle d'Adler) comme point de départ d'une discussion serrée sur le rôle de l'induction en science et non pas de la passer au crible du critère de démarcation. C'est ce qui fait dire à Adolf Grünbaum, que « c'est précisément la théorie de Freud qui fournit la preuve poignante que Popper a caricaturé la tradition inductiviste par sa thèse de confirmabilité inductive facile de presque toutes les théories³⁷³ ! »

³⁷⁰ *Ibid.*

³⁷¹ ("But what prevents their theories from being scientific in the sense here described is, very simply, that they do not exclude any physically possible human behaviour" –je traduis-), POPPER Karl R., « Replies to my critics » in *The Philosophy of Karl Popper, op.cit.*, p. 985.

³⁷² POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.* p. 67.

³⁷³ ("It is precisely Freud's theory that furnishes poignant evidence that Popper has caricatured the inductivist tradition by his thesis of easy inductive confirmability of nearly every theory !" – je traduis -), GRÜNBAUM

Reconnaissons que la démarche poppérienne qui vise à écarter la psychanalyse du champ de la science est assez peu étoffée si ce n'est superficielle. Il est tout de même assez étonnant qu'un raisonnement qui s'appuie sur deux arguments, certes fondamentaux, mais qui se tiennent en quelques lignes consistant en des remarques générales, puisse aussi rapidement démonter tout un pan de recherche et acquérir une telle notoriété. Concernant le premier argument, (1) « la capacité à vérifier la quasi-totalité des phénomènes relevant de son domaine d'attribution », ne pourrait-on point en dire autant de certaines théories scientifiques bien établies comme celle de Newton que justement Popper prend comme référence ? Concernant le second argument, (2) « l'absence d'exclusion comportementale vis-à-vis de la théorie psychanalytique » c'est-à-dire de capacité à prévoir des comportements humains particuliers qui s'opposeraient aux données théoriques, n'a-t-on pas ici un procès d'intention, car à quel moment (avant 1956) Popper s'est-il penché sur les œuvres de Freud pour y rechercher une éventuelle démarche prédictive ?

(1) Prenons l'exemple classique de l'excès d'avance du périhélie de Mercure. La mécanique newtonienne permettait de calculer au XIXe siècle l'avance du périhélie de Mercure, cependant les observations montraient que le périhélie ne correspondait pas à la prédiction avancée par les travaux de Newton. Pour autant la théorie gravitationnelle a-t-elle été rejetée ? Laissons la parole à Albert Einstein :

« D'après la théorie de Newton, une planète décrit une ellipse qui conserverait, par rapport aux étoiles fixes, éternellement la même position, si nous pouvions négliger l'influence des autres planètes sur la planète considérée et le mouvement propre des étoiles fixes. Abstraction faite de ces deux influences, l'orbite de la planète devrait être une ellipse invariable par rapport aux étoiles fixes, si la théorie de Newton est rigoureusement exacte. Cette conséquence, qui peut être examinée avec une très grande exactitude, a été confirmée pour toutes les planètes, à l'exception de la planète Mercure qui est la plus proche du Soleil, avec la précision que l'observation permet d'atteindre aujourd'hui. On trouve pour ce mouvement de rotation de l'ellipse la valeur de 43 secondes d'arc par siècle, une valeur bien établie à quelques secondes d'arc près. *La Mécanique classique ne réussit à expliquer ce phénomène qu'en prenant pour base des hypothèses peu vraisemblables et imaginées uniquement à cet effet*³⁷⁴ ».

Adolf, « The degeneration of Popper's theory of demarcation » in Freedom and Rationality, I.C. Jarvie & F. d'Agostino éd., Boston & Dordrecht, Reidel, 1989, p. 141.

³⁷⁴ EINSTEIN Albert, *La relativité*, Petite bibliothèque Payot, n° 62, 1956, p. 119 (je souligne).

Une théorie scientifique bien établie, comme celle de Newton, en s'adjoignant des hypothèses *ad hoc*, peut aussi confirmer toutes les observations visibles et pourtant apparemment contradictoires. Le Verrier, auréolé de son succès relatif à la découverte de Neptune n'a-t-il pas proposé l'influence d'une planète supplémentaire pour expliquer le périhélie de Mercure ? L'histoire a certes tranché, mais quatre-vingt-cinq années se sont écoulées entre l'acceptation du périhélie comme simple anomalie et son acceptation comme réfutation de la théorie de Newton au profit de la théorie de la relativité générale d'Einstein. On voit comment une théorie bien installée dans une période de science normale au sens de Kuhn peut, elle aussi, répondre à la remarque de Popper : « l'univers abondait en *vérifications* de la théorie ». D'ailleurs Popper reconnaît dans le cadre de la théorie de Newton, que « l'immunisation » d'une théorie scientifique, apportant pourtant un certain degré de dogmatisme, peut être fructueuse³⁷⁵. De ce point de vue, le raisonnement de Popper se trouve être circulaire, car s'il peut être fructueux de sauver une théorie scientifique en étant dogmatique, c'est justement pour conserver son statut scientifique et éviter une réfutation. Par contre, les immunisations des thèses freudiennes sont, elles, des hypothèses *ad hoc* qui démontrent bien le caractère pseudo-scientifique de la psychanalyse. Manifestement Popper fait ici deux poids deux mesures. Cet exemple illustre le fait que c'est souvent l'avènement d'un nouveau paradigme (la théorie de la relativité) qui en chasse un autre, qu'une prédiction réfutée isolée qu'il sera toujours possible de vérifier par l'adjonction d'hypothèses auxiliaires (« falsificationnisme sophistiqué »). Certes, dira-t-on, la différence entre théories newtonienne et freudienne se situe non pas sur la présence d'hypothèse *ad hoc*, mais sur le nombre de ces hypothèses nécessaires à l'immunisation de la théorie ; il y aurait une différence quantitative signifiante étant exceptionnelle dans le premier cas et commune dans le second. Pour autant il faudrait mettre au jour cette différence et en discuter les conséquences épistémologiques. D'un point

³⁷⁵ POPPER Karl R., *La quête inachevée* (1974), *op.cit.*, p. 64.

de vue strictement qualitatif l'argument de Popper, isolé du critère de démarcation, n'est, en soi, pas recevable.

(2) Il faut attendre *Le Post-scriptum* pour découvrir une étude (partielle) des œuvres de Freud par Popper. Ce dernier se donne pour objectif de vérifier, si l'approche de l'interprétation des rêves par Freud, est véritablement « critique », c'est-à-dire « qui se donnerait pour objet *la recherche de contre-exemples*³⁷⁶ », ayant donc un statut d'énoncé prédictif réfutant. L'objectif principal de Freud consiste à démontrer que « la nature essentielle des rêves est de représenter des accomplissements de désirs³⁷⁷ », et qu'en particulier, face à l'objection du cauchemar, que « *le rêve est l'accomplissement (déguisé) d'un désir (réprimé, refoulé)*³⁷⁸ ». Le principal reproche de Popper à l'encontre de Freud consiste à indiquer que ce dernier « *ne réalise à aucun moment son programme [et qu'] il finit par l'abandonner tout à fait*³⁷⁹ ». Résumons son argumentation. Popper commente le livre-phare de Freud, *L'Interprétation des rêves* (1900)³⁸⁰, il souligne que Freud reconnaît lui-même que la théorie du rêve d'angoisse n'est pas satisfaisante, et qu'il renonce complètement à sa tentative en considérant que cette dernière ne relève pas de la théorie du rêve mais de celle de l'angoisse. Il fustige l'attitude de Freud qui se refuse à entendre les critiques et leur oppose au contenu manifeste des rêves, la notion de contenu latent. Car pour Freud, le contenu latent du cauchemar est en relation avec la théorie de l'angoisse. Ainsi, selon Popper, ce cas est manifestement un procédé d'« immunisation » typique d'une théorie car avec la notion très subjective de contenu latent, toutes les réfutations deviennent des vérifications. Il en serait de même pour les rêves contraires aux plaisirs (rêves sans contenu manifeste de plaisirs et qui ne relèvent pas de la théorie de l'angoisse) que Freud interprète comme désir du

³⁷⁶ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1956), *op.cit.*, p. 181.

³⁷⁷ FREUD Sigmund, *L'interprétation des rêves* (1899), traduction de Denise Berger, Paris, P.U.F., 1964, p. 117.

³⁷⁸ *Ibid.*, p.145.

³⁷⁹ *Ibid.*, p. 183.

³⁸⁰ *L'Interprétation des rêves* est publiée en 1899 mais volontairement datée 1900 par S. Freud.

patient souhaitant que sa propre théorie psychanalytique soit fausse. Popper fait observer cependant que les rêves de complaisance (rêves dont le contenu est suggéré par l'analyste et qui donc ne peuvent représenter un quelconque accomplissement de plaisir de l'analysé) ne sont pas vus comme un échec par Freud et qu'ils sont même considérés comme des vérifications directes de la théorie étant entendu que pour Freud l'action de suggestions de l'analyste affecte peu la fiabilité du résultat. D'ailleurs dans son *Introduction à la psychanalyse*, Freud montrera que la mise « en doute de l'objectivité des recherches sur le rêve est fondée (...) sur une confusion, qui est celle du rêve avec les matériaux du rêve³⁸¹ » : on peut suggérer au rêveur l'objet de son rêve mais non son contenu qui relève de l'inconscient. Pour Popper l'immunisation de la théorie atteint son paroxysme avec « l'argument du puzzle » qui consiste à considérer que si l'analyste réussit à reconstituer pièce par pièce le sujet, « de sorte que le dessin prenne un sens, et qu'il ne reste de vide nulle part (...), on sait alors que l'on a trouvé la solution du puzzle et qu'il n'y en a pas d'autre³⁸² ». Ce type d'affirmation qui s'appuie sur la seule conviction se trouve être sans réel fondement, il ne permet pas de tester la théorie mise en jeu dans le processus de reconstitution. Pour Popper, même si les travaux de Freud en général, et *L'interprétation des rêves* en particulier sont des contributions de premier ordre, l'absence de recours critique à l'expérience montre qu'ils tiennent plus « de l'atomisme prédémocratéen – voire des légendes sur les dieux olympiens recueillies par Homère – que d'une science testable³⁸³ ».

Peut-on considérer que Popper, contrairement à Freud, « réalise ici son programme » consistant à démontrer que les théories psychanalytiques ne sont pas testables ?

³⁸¹ FREUD Sigmund, *Introduction à la psychanalyse* (1917), traduction de S. Jankélévitch, Petite Bibliothèque Payot, 1998, p. 223.

³⁸² FREUD Sigmund, *Coll. Papers 5*, cité par POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I*, *op.cit.*, p. 189.

³⁸³ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1956), *op.cit.*, p. 189.

L'argumentation de Popper consiste à mettre en évidence que la théorie des rêves se construit sur un ensemble d'hypothèses *ad hoc* immunisantes afin de permettre la vérification :

« Je ne puis imaginer aucun comportement humain qui ne serait pas susceptible d'être interprété à la lumière de chacune de ces deux théories [de Freud et d'Adler], et qui ne pourrait être considéré comme une vérification de l'une et de l'autre³⁸⁴ ».

Cette argumentation ne se construit jamais autour du critère de démarcation dont on aurait souhaité une mise en œuvre efficiente. Il semble plutôt que l'on reste ici dans le registre de la caricature inductive dénoncée par Grünbaum. Mais peut-être que cela ne doit point étonner : la période d'écriture du *Post-scriptum*, comme nous l'avons montrée dans la première partie, et qui a été confortée par son étude sur le marxisme, correspond à la mise en place d'un critère de démarcation plus méthodologico-empirique et pour lequel l'objectif consistant à distinguer les énoncés scientifiques des métaphysiques devient alors secondaire³⁸⁵. Le plus ennuyeux, c'est que la position de Popper vis-à-vis de la psychanalyse a été prise comme argent comptant, et par la suite cette dernière a souvent été cantonnée par les épistémologues dans ce registre de pseudoscience pour servir de référence aux autres théories.

Par exemple Imre Lakatos s'appuie sur une étude comparative des théories newtonienne et freudienne pour dénoncer l'absence de réfutabilité des travaux de Newton. Dans son étude critique de la démarcation, « La démarcation et l'induction selon Popper³⁸⁶ », il reprend l'argumentation de Popper à propos de la théorie freudienne pour la calquer sur la théorie newtonienne. Lakatos cite Popper : « Quel type de réactions cliniques pourraient persuader un analyste que non seulement tel diagnostic particulier, mais aussi la psychanalyse elle-même sont réfutées ? De semblables critères ont-ils jamais été examinés ou choisis d'un commun accord par les analystes³⁸⁷ ? » Il poursuit alors en écrivant :

³⁸⁴ *Ibid.*, p. 186.

³⁸⁵ « Il ne s'agissait d'aucune façon d'un principe de classement ou d'une pierre de touche permettant de distinguer une discipline appelée science d'une autre appelée métaphysique », *ibid.*, p. 191.

³⁸⁶ LAKATOS Imre, "Popper on demarcation and induction" (1969), in *The Philosophy of Karl Popper, op.cit.*, p. 241 à 273.

³⁸⁷ ("What kind of clinical responses would refute to the satisfaction of the analyst not merely a particular clinical diagnosis but psychoanalysis itself have such criteria even been discussed or agreed upon by analysts ?

« Dans le cas de la psychanalyse Popper a raison : aucune réponse n'a été formulée. Les freudiens ont été interloqués par le défi fondamental de Popper concernant l'honnêteté scientifique. En effet, ils ont refusé de préciser les conditions expérimentales dans lesquelles ils renonceraient à leurs hypothèses de base. Pour Popper c'est la marque de leur malhonnêteté intellectuelle. Mais qu'en est-il si nous posons la question au savant newtonien : "Quel genre d'observation réfuterait les résultats des newtoniens, pas seulement pour une explication particulière newtonienne mais pour l'ensemble de la théorie de la dynamique et de la gravitation elle-même ? Et ces critères ont-ils même été discutés ou convenus par Newton ?". La volonté de Newton, hélas, ne suffit pas pour donner une réponse positive. Mais alors, si les psychanalystes doivent être condamnés comme malhonnêtes par rapport aux normes de Popper, les newtoniens ne doivent-ils pas être, de même, condamnés³⁸⁸? ».

On voit comment une étude trop superficielle (*i.e.* l'étude poppérienne de la psychanalyse freudienne) peut conduire à des prises de position diamétralement opposées. Alors que pour Popper la psychanalyse s'oppose point par point à la science paradigmatique einsteinienne (et dans une moindre mesure à la science newtonienne) et permet de borner la science de la pseudoscience, pour Lakatos, au contraire le statut de la psychanalyse permet d'amender fortement le critère de démarcation pour introduire sa thèse « des programmes de recherche ». Car de même qu'il n'existe pas de falsificateurs permettant de rejeter l'ensemble de la théorie psychanalytique, de même, il n'y a pas, selon Lakatos, d'observations potentielles invalidant l'ensemble de la théorie de la dynamique et de la gravitation. Tout au plus, comme nous l'avons fait remarquer, il serait possible de trouver des contrexemples d'explications particulières. Contrexemples qui sont cependant « communément admis par les meilleurs scientifiques³⁸⁹ ». Pour Lakatos, le fait que « certains des programmes de recherche désormais tenus en haute estime par la communauté scientifique [aient] progressé dans un océan

–traduction de Michelle-Irène et Marc B. De Launay, POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations, op.cit.*, p. 66.)

³⁸⁸ (“*In the case of psychoanalysis Popper was right: no answer has been forthcoming. Freudians have been nonplussed by Popper’s basic challenge concerning scientific honesty. Indeed, they have refused to specify experimental conditions under which they would give up their basic assumptions. For Popper this is the hallmark of their intellectual dishonesty. But what if we put Popper’s question to the Newtonian scientist: “What kind of observation would refute to the satisfaction of the Newtonian not merely a particular Newtonian explanation but Newtonian dynamics and gravitational theory itself? And have such criteria even been discussed or agreed upon by Newtonians?” The Newtonian will, alas, scarcely be able to give a positive answer. But then, if psychoanalysts are to be condemned as dishonest by Popper’s standards, must not Newtonians be similarly condemned?*” – je traduis -), LAKATOS Imre, “Popper on demarcation and induction” in *The Philosophy of Karl Popper, op.cit.*, p. 247.

³⁸⁹ (“*commonly accepted by the best scientists*” – je traduis -), LAKATOS Imre, “Popper on demarcation and induction”, *op.cit.*, p. 247.

d'anomalies³⁹⁰ » justifie la thèse cardinale de sa théorie épistémologique (« il n'y a pas de falsification avant que n'apparaisse une théorie meilleure³⁹¹ ») et la dualité fondamentale de toute théorie scientifique construite autour d'un noyau dur à « heuristique négative » et une ceinture protectrice à « heuristique positive »³⁹².

Popper, comme Lakatos, sont très affirmatifs concernant le statut de la psychanalyse et l'absence de falsificateurs potentiels. Pourtant, à la relecture de son étude du *Post-scriptum* (écrit rappelons-le vers 1956), avant sa parution en 1981, Popper y adjoint la note suivante :

*[Ajout de l'auteur (1980). – Cette dernière phrase me paraît aujourd'hui aller beaucoup trop loin. Comme Bartley me l'a fait remarquer, il existe certains types de comportement possible qui sont incompatibles avec la théorie freudienne – autrement dit que celle-ci exclut. Ainsi, l'explication freudienne de la paranoïa en termes d'homosexualité refoulé semblerait exclure la possibilité d'une homosexualité active chez un paranoïaque. Mais une telle question sort du cadre de la théorie fondamentale que je critiquais. Par ailleurs, rien n'empêcherait qu'il n'est pas vraiment paranoïaque ou qu'il n'est pas complètement actif.]³⁹³

Ce paragraphe s'oppose totalement avec tout ce qu'a toujours allégué Popper à propos de la théorie psychanalytique ainsi qu'il le rappelait encore en 1974 dans sa réplique à Lakatos. C'est aussi un cinglant aveu de Popper de l'incomplétude de son étude freudienne du *Postscriptum*. Face aux remarques de Bartley, Popper reconnaît en 1981 qu'au moins une théorie freudienne (celle de la paranoïa) peut prévoir des comportements incompatibles, en d'autres termes qu'elle est réfutable. Pour autant, le reste du texte n'est pas remis en question. Popper s'en sort par une pirouette, prétextant que la théorie de la paranoïa sort du cadre de la

³⁹⁰ (“Some of the research programmes now held in highest esteem by the scientific community progressed in a ocean of anomalies” – je traduis -), LAKATOS Imre, *ibid.*

³⁹¹ LAKATOS Imre, *Histoire et méthodologie des sciences* (1978), trad. fr. Paris, PUF, 1996, p. 43.

³⁹² Voici la réponse de Popper : « Il y a un nombre infini d'ensembles simples et tout à fait différents d'observations possibles (ou de falsificateurs potentiels) qui si acceptés réfuterait la théorie newtonienne. Et c'est le cœur de la question, ma critique de la théorie de Freud était que celle-ci n'a tout simplement pas de falsificateurs potentiels³⁹² », (“There is an infinite number of simple and quite different sets of possible observations (or potential falsifiers) which if accepted would refute Newtonian theory. And this is the heart of the matter, for my criticism of Freud's theory was that it simply does not have potential falsifiers” – je traduis -), POPPER Karl R., « Replies to my critics” in *The Philosophy of Karl Popper, op.cit.* p. 1004. Ironiquement Popper propose un ensemble d'exemples plutôt comiques de réfutations potentielles : par exemple le fait que la tasse de thé se trouvant devant lui se mette à danser (et en outre sans renverser le thé !) ou que les pommes de Newton s'élèvent du sol (sans qu'il n'y ait de tourbillon) et commencent à danser autour du pommier...

³⁹³ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1956), *op.cit.*, 1980, p. 187.

théorie du sommeil ou bien que la paranoïa ou l'homosexualité ne peuvent jamais être prouvées chez une personne.

Les dernières argumentations de Popper relatives à l'irréfutabilité de la psychanalyse sont donc malheureusement dogmatiques, et tout ce que l'on peut dire c'est que le travail n'est pas achevé. On peut s'étonner aussi du fait que Popper n'ait pas cherché à compléter l'étude de la théorie initiale du rêve (1900) par les compléments que Freud apporta par la suite. Signalons trois importantes contributions : *Introduction à la psychanalyse* (1916-1917)³⁹⁴, « Révision de la théorie des rêves » (1917-18)³⁹⁵ et *Au-delà du principe de plaisir* (1920). La majorité des épistémologues (comme Lakatos) s'est donc engouffrée dans la brèche ouverte dans la psychanalyse sans en critiquer l'étude poppérienne. Ce qui est très dommageable, car ce n'est pas aux psychanalystes de chercher « les conditions expérimentales dans lesquelles ils renonceraient à leurs hypothèses de base » (ils peuvent certes le faire), lesquels n'ont finalement rien demandés, mais bien aux épistémologues d'obéissance poppérienne d'identifier si les théories psychanalytiques sont oui ou non réfutables. Peut-être qu'en 1980, Popper n'avait plus la force ni la volonté de remettre sur le métier son étude sur la psychanalyse et la confronter aux critiques de Bartley et surtout de Grünbaum.

En effet, Grünbaum remet en question l'irréfutabilité de la psychanalyse lors du symposium londonien relatif à la philosophie de Popper en Juillet 1980 (et il semblerait, selon Grünbaum, que Bartley ait été le simple rapporteur de son propre travail auprès de Popper lors de ce symposium³⁹⁶) :

« Comme je l'avais fait valoir dans ce document, la théorie de Freud implique que la baisse du tabou social sur l'homosexualité dans des localités comme San Francisco, devrait, en temps opportun, entraîner une diminution de l'incidence de la paranoïa dans les deux sexes. Cette prédiction quasi-statistique est tout à fait compatible avec l'affirmation de Freud relative à une 'multiplicité des mécanismes de répression appropriée' (S.E. 1911, 12: 65-68), laquelle comprend

³⁹⁴ Rassemblant les conférences de 1915-1916 et dont le titre original est *Vorlesungen zur Einführung in die Psychoanalyse*.

³⁹⁵ in *Nouvelles conférences sur la psychanalyse* (1936).

³⁹⁶ Voir GRÜNBAUM Adolf, « The degeneration of Popper's theory of demarcation », *op.cit.*, p. 147.

les facteurs de développement autochtones indépendants de tabous sociaux exogènes. C'est pourquoi j'ai soutenu que l'étiologie de la paranoïa de Freud serait épidémiologiquement infirmée par l'échec de la prédiction quasi-statistique³⁹⁷ ».

Freud établit dans l'étiologie de la paranoïa un lien avec un amour homosexuel refoulé qui conduit à la construction d'un délire de persécution. En effet, le refoulement du désir homosexuel éprouvé conduirait dans un premier temps, par mécanisme dit de « contre-investissement », à une haine de l'objet du désir puis dans un deuxième temps, par mécanisme dit de « projection », à l'idée constante d'être haï par ses semblables donc au délire de persécution. Pour Grünbaum la pathogenèse détaillée de la paranoïa avancée par Freud justifie la prédiction suivante : l'évolution sociale de la perception de l'homosexualité entraînant un déclin significatif des sanctions sociales contre cette orientation sexuelle, devrait se traduire par une diminution sensible de l'apparition de paranoïas. Cette prédiction ferait de la psychanalyse, par l'intermédiaire de la thèse de la paranoïa, une discipline prédictive et donc objectivement testable de façon « quasi statistique ».

Grünbaum a aussi étudié de façon exhaustive la théorie freudienne des rêves pour en montrer les défaillances et en présumer, selon lui, la fausseté³⁹⁸. D'une part, dans le cas des rêves contraires au désir, il montre que ceux-ci fournissent des preuves contre les thèses premières de Freud que le recours aux « motifs-désirs génériques » (le désir que le psychanalyste se trompe et celui masochiste de l'humiliation et de la torture mentale) ne peut annihiler. D'autre part, il s'interroge sur les effets du traitement psychanalytique notamment sur la formation des rêves :

« L'effet thérapeutique de la levée des refoulements étiologiques sur les symptômes névrotiques devrait s'accompagner parallèlement d'un effet semblable sur la formation du rêve : la levée des

³⁹⁷ (*“As I had argued in that paper, Freud's theory implies that the decline in the social taboo on homosexuality in communities like San Francisco should, in due course, issue in a decreased incidence of paranoia in both sexes. This quasi-statistical prediction is quite compatible with Freud's allowance for a “multiplicity of mechanisms of repression proper” (S.E. 1911, 12: 65-68), which include autochthonous developmental factors that are independent of exogenous social taboos. Hence I contended that Freud's etiology of paranoia would be disconfirmed epidemiologically by the failure of the quasi-statistical prediction to materialize”* – je traduis -), GRÜNBAUM Adolf, « The degeneration of Popper's theory of demarcation », *op.cit.*, pp. 147 et 148.

³⁹⁸ GRÜNBAUM Adolf, *La psychanalyse à l'épreuve*, traduit de l'anglais (USA) par Joëlle Proust, Édition de l'Éclat, 1993, p. 120.

refoulements infantiles auxquels Freud attribue la production des rêves devrait affecter ou dissiper la formation même des rêves³⁹⁹ ».

Le fait que la fréquence des rêves des patients ayant subi une longue psychanalyse n'est pas réduite de manière significative est une autre preuve déterminante. Dans ce dernier cas, il pointe du doigt, en corollaire, que le caractère irréfutable de la théorie freudienne du rêve soutenu par Popper est invalidé par cette prédiction fréquentielle.

Avant de confronter ces réfutations psychanalytiques au critère de démarcation poppérien, il est intéressant de présenter aussi les remarques critiques générales d'ordre logique de Grünbaum envers Popper⁴⁰⁰. Comment concilier l'irréfutabilité des thèses de la psychanalyse et les manœuvres d'immunisation opérées par les psychanalystes ? On peut, en effet, s'interroger sur la cohérence d'un tel discours. D'un point de vue logique, l'immunisation d'une théorie ne peut se comprendre que s'il existe un risque de réfutation, car dans le cas contraire pourquoi protéger une théorie qui serait irréfutable ? Soit la psychanalyse n'accepte aucun falsificateur potentiel et alors il n'y a aucune raison de chercher à l'immuniser, soit l'immunisation est réelle ce qui implique sa réfutabilité. Pour compléter la remarque de Grünbaum, ajoutons à cela qu'une théorie irréfutable ne devrait pas nécessiter de remise en question particulière par son géniteur. Pourquoi Freud a-t-il amendé par deux fois dans « Révision de la théorie des rêves⁴⁰¹ » (1915-16) et surtout dans *Au-delà du principe de plaisir* (1920), sa théorie des rêves de 1900 ? Parce qu'il a été confronté à des données empiriques qui manifestement ne concordaient pas avec sa thèse initiale. Les rêves douloureux en relation avec des névroses traumatiques (par exemple des soldats ravagés par la guerre de 1914-1918) ou des traumatismes douloureux de l'enfance ont poussé Freud à

³⁹⁹ *Ibid.*, p. 124.

⁴⁰⁰ Par exemple dans GRÜNBAUM Adolf, *La psychanalyse à l'épreuve*, *op.cit.* p. 14 et 15.

⁴⁰¹ FREUD Sigmund, « Révision de la théorie des rêves » (1917-18) in *Nouvelles conférences sur la psychanalyse*, Traduit de l'Allemand par Anne Berman, Paris : Gallimard, 1936, en ligne sur http://www.uqac.quebec.ca/zone30/Classiques_des_sciences_sociales/index.html.

réexaminer sa théorie de 1900. Il est intéressant d'observer que Freud introduit une objection importante à sa théorie des rêves, qu'il qualifie d'exception :

« Ce serait donc le lieu ici de poser une première exception à la loi d'après laquelle les rêves seraient des réalisations de désirs. (...) Les rêves du malade atteint de névrose traumatique ne se laissent pas ramener au point de vue de la réalisation de désirs, et il en est de même des rêves auxquels nous nous heurtons dans la psychanalyse et dans lesquels on trouve le souvenir de traumatismes psychiques de l'enfance. Les rêves de ces deux catégories obéissent plutôt à la tendance à la répétition qui, cependant, trouve son appui, au cours de l'analyse, dans le désir, encouragé par la « suggestion », d'évoquer ce qui a été oublié et refoulé⁴⁰² ».

Manifestement pour Freud, sa théorie initiale du rêve ne s'accordait pas « avec tous les comportements humains », comme Popper l'affirmerait. Dans ce cas l'exception de la « compulsion par répétition » pourrait alors être comprise comme une réfutation effective de la théorie freudienne du rêve. Cependant remarquons que Freud, aussitôt après avoir reconnu l'existence d'au moins une exception à sa loi, l'immunise immédiatement grâce au recours à un nouveau désir, celui « d'évoquer ce qui a été oublié ou refoulé ».

4. Réfutabilité et réfutation du marxisme et de la psychanalyse

Le principal reproche que l'on peut émettre à l'encontre des études poppériennes relatives à la réfutabilité des théories de Marx, Freud et dans une moindre mesure de Darwin, réside dans le fait que celles-ci n'ont jamais été réellement confrontées au critère de démarcation et plus précisément à l'opérabilité logique mais aussi technique du *modus tollens*.

A la lecture des travaux de Freud, et plus généralement des différents courants psychanalytiques, on peut avoir le sentiment que les thèses sont bâties sur des considérations assez peu objectives (puisqu'elles se construisent sur des cas particuliers individuels) et qu'elles sont souvent justifiées par des considérations *ad hoc*. De là cette volonté apparente d'immunisation qu'a dénoncée Popper. Mais ce dernier, on l'a vu, reste dans un registre

⁴⁰² FREUD Sigmund, *Au-delà du principe de plaisir* (1920), traduction de S. Jankélévitch, en ligne sur : http://www.uqac.quebec.ca/zone30/Classiques_des_sciences_sociales/index.html, p. 31.

vérificationniste avec l'affirmation de « la capacité à vérifier la quasi-totalité des phénomènes relevant de son domaine d'attribution », et ne cherche pas à appliquer effectivement son critère de démarcation pour s'en tenir à la remarque générale « d'absence d'exclusion comportementale vis-à-vis de la théorie psychanalytique ». Il eut été nécessaire, comme cela a été entrepris dans d'autres domaines, comme la physique, de confronter les théories psychanalytiques à l'objectivité du *modus tollens*.

Afin de statuer objectivement sur la scientificité du marxisme et de la psychanalyse, nous nous proposons maintenant de passer effectivement au crible du critère de démarcation les lois prédictives établies par Marx et Freud.

Essai de réfutabilité des thèses marxistes

D'un point de vue logique, il suffit de mettre en évidence la réfutabilité (évidemment entendue dans son aspect reproductible) d'une thèse de Marx pour considérer qu'il existe dans le marxisme, selon Popper, des bases indéniablement scientifiques. Par exemple « la loi de la paupérisation » présentée précédemment comme réfutée, est-elle oui ou non réfutable ?

Précisons l'affirmation de Marx ; dans le chapitre XXV du *Capital* (1867), l'auteur étudie l'influence de l'accroissement et de la composition du capital sur la classe ouvrière. Il y affirme notamment que :

« Plus le travail gagne en ressources et en puissance, plus y a pression des travailleurs sur leurs moyens d'emploi, plus la condition d'existence du salarié, la vente de sa force, devient précaire. (...) C'est cette loi qui établit une corrélation fatale entre l'accumulation du capital et l'accumulation de la misère, de telle sorte qu'accumulation de richesse à un pôle, c'est égale accumulation de pauvreté, de souffrance, d'ignorance, d'abrutissement, de dégradation morale, d'esclavage, au pôle opposé, du côté de la classe qui produit le capital même⁴⁰³ ».

Rappelons que selon notre développement de la partie I, pour que cette loi soit réfutable, elle doit l'être logiquement mais aussi techniquement par des énoncés de base falsificateurs virtuels. La théorie peut être résumée ainsi : « L'accumulation de richesses par la bourgeoisie

⁴⁰³ MARX Karl, *Le capital* (1867), trad. de J. Roy, Paris, Garnier-Flammarion, 1969, pp. 471, 472.

entraîne un appauvrissement des travailleurs » ; bourgeoisie et travailleurs sont définis ici au sens de Marx⁴⁰⁴. Cette théorie sous-entend des conditions initiales que l'on peut rappeler : « La théorie est valable dans le cadre d'une société à économie capitaliste basée sur la propriété privée des moyens de production, et structurée en vue de maximiser les profits ». La conséquence, prédit par la théorie, est évidemment l'appauvrissement des travailleurs. L'énoncé de base falsificateur virtuel sera : « Il y a des travailleurs qui s'enrichissent » correspondant à un énoncé homotypique constitué d'un ensemble d'occurrences localisées spatio-temporellement (« tel travailleur, à tel endroit et tel moment s'enrichit ») permettant un test de la loi de façon répétitive comme l'exige la méthodologie falsificatrice.

D'un point de vue logique, l'on voit immédiatement que le *modus tollens* fonctionne, entraînant le rejet de la théorie. Il n'y a d'autre part, pas d'objections techniques majeures à la réfutabilité, étant donné qu'il est tout à fait possible, à partir de critères objectifs, d'estimer l'enrichissement d'un travailleur. De plus, la durée de l'expérience qui pourrait poser une certaine difficulté vis-à-vis de la réfutation empirique, n'a pas à être prise en compte puisqu'il s'agit d'une expérience potentielle. La loi de la paupérisation de Marx, d'après le critère poppérien de démarcation, appartient bien à la science. Marx aurait donc fait œuvre de science.

On peut maintenant s'interroger sur le fait que cette conclusion s'oppose totalement aux premiers travaux de Popper (période de *La société ouverte et ses ennemis* et de *Misère de l'historicisme*). Pour ce dernier les théories marxistes étaient plus à rapprocher de croyances religieuses que de travaux scientifiques. Pourtant certaines théories marxistes, comme « la loi de paupérisation » nous semblent clairement réfutables et il est tout à fait envisageable de considérer que Popper avait dû faire la même analyse. La thèse que nous prolongeons ici, c'est que Popper a modifié pendant cette période de sa vie, sciemment ou non, une

⁴⁰⁴ Le bourgeois au sens marxiste est caractérisé par le fait qu'il possède un capital ou des moyens de production, contrairement au travailleur qui n'a que sa seule force de travail et doit donc, pour subvenir à ses besoins, avoir recours au travail salarié.

caractéristique fondamentale du critère de démarcation, c'est-à-dire la potentialité, parce qu'elle ne lui permettait pas de rejeter catégoriquement le marxisme et d'autres formes d'historicisme. En substituant la réfutation empirique à la réfutabilité, Popper augmente les exigences de scientificité, ce qui permet, dans le cadre d'une unité de méthode universelle à toute science (naturelle comme sociale), de faire basculer la majorité des théories marxistes dans la pseudoscience, puisque selon lui, elles ont été réfutées par l'histoire⁴⁰⁵. Par la suite, face aux difficultés épistémologiques de la réfutation empirique, Popper retourne à une conception plus potentielle du critère (voir partie I.B). Cette palinodie, très opportuniste, n'est à l'évidence pas très cohérente, et consiste à une instrumentalisation de son critère de démarcation à des fins idéologiques. On retrouve ici toute les difficultés et les apories d'un critère tiraillé entre *potentia* et *agere* en fonction des résultats recherchés.

Pour la défense des thèses antihistoricistes poppériennes, remarquons que les lois ou les tendances en sciences sociales sur lesquelles d'éventuelles prédictions pourraient être énoncées, ne pourraient en toute rigueur obéir aux mêmes tests de réfutabilité que ceux opérés par exemple en physique. On a vu que dans le cadre paradigmatique de la rupture d'un fil sous l'effet d'un poids, les conditions initiales ainsi que les différents paramètres interférant sur l'expérience étaient finalement assez limités et normalement faciles à maîtriser. Déjà reconnaissons-le, notre test de la « loi de la paupérisation » a été rendu possible parce que Marx a réduit les transformations économiques de la paupérisation du prolétariat à un simple lien de causalité ; avec « l'accumulation de richesses par la bourgeoisie » comme étant la cause et « l'appauvrissement des travailleurs », l'effet. Ces lois sociales sont des simplifications extrêmes de phénomènes complexes où les paramètres humains de groupes ou

⁴⁰⁵ On peut regretter aussi que certaines réfutations empiriques des théories de Marx par Popper, comme « la loi de paupérisation », restent assez qualitatives. Il était pourtant possible d'opérer plus objectivement, par exemple pour la loi en question, se référer aux données apportées par les indicateurs économiques comme « la liste officielle des pauvres » de l'Angleterre du XIXe ou maintenant l'indicateur de pauvreté humaine (IPH), créé en 1997.

individuels sont pratiquement impossibles à formaliser dans toutes leur diversité. Que dire alors des « déductions » marxistes relatives à la fin du capitalisme ?

« Dès que ce procès de transformation a décomposé suffisamment et de fond en comble la vieille société, que les producteurs sont changés en prolétaires, et leurs conditions de travail, en capital, qu'enfin le régime capitaliste se soutient par la seule force économique des choses, alors la socialisation ultérieure du travail, ainsi que la métamorphose progressive du sol et des autres moyens de production en instruments socialement exploités, communs, en un mot, l'élimination ultérieure des propriétés privées, va revêtir une nouvelle forme. Ce qui est maintenant à exproprier, ce n'est plus le travailleur indépendant, mais le capitaliste, le chef d'une armée ou d'une escouade de salariés.

Cette expropriation s'accomplit par le jeu des lois immanentes de la production capitaliste, lesquelles aboutissent à la concentration des capitaux. Corrélativement à cette centralisation, à l'expropriation du grand nombre des capitalistes par le petit, se développent sur une échelle toujours croissante l'application de la science à la technique, l'exploitation de la terre avec méthode et ensemble, la transformation de l'outil en instruments puissants seulement par l'usage commun, partant l'économie des moyens de production, l'entrelacement de tous les peuples dans le réseau du marché universel, d'où le caractère international imprimé au régime capitaliste. A mesure que diminue le nombre des potentats du capital qui usurpent et monopolisent tous les avantages de cette période d'évolution sociale, s'accroissent la misère, l'oppression, l'esclavage, la dégradation, l'exploitation, mais aussi la résistance de la classe ouvrière sans cesse grossissante et de plus en plus disciplinée, unie et organisée par le mécanisme même de la production capitaliste. Le monopole du capital devient une entrave pour le mode de production qui a grandi et prospéré avec lui et sous ses auspices. La socialisation du travail et la centralisation de ses ressorts matériels arrivent à un point où elles ne peuvent plus tenir dans leur enveloppe capitaliste. Cette enveloppe se brise en éclats. L'heure de la propriété capitaliste a sonné. Les expropriateurs sont à leur tour expropriés⁴⁰⁶ ».

A la lecture de cet extrait du chapitre XXII du *Capital*, dont nous avons volontairement copié une longueur conséquente, l'on s'aperçoit combien le raisonnement de Marx s'appuie sur d'innombrables successions de transformations sociales correspondant peut-être à autant de « lois », imbriquées les unes dans les autres, tant sur le plan local que général, à partir desquelles il semble utopique d'élaborer un test de réfutabilité logiquement et techniquement simple. Si prises individuellement les différentes « lois », qui sont des simplifications extrêmes de situations complexes, sont susceptibles d'être réfutées, on voit mal comment l'annonce de la chute du capitalisme peut être assimilée à une démarche proprement scientifique. A ce titre, comme le propose Popper, on peut donc parler de prophétie, à rapprocher d'un point de vue épistémologique des prophéties bibliques.

Essai de réfutabilité des thèses psychanalytiques

⁴⁰⁶ MARX Karl, *Le capital* (1867), trad. de J. Roy, Paris, Garnier-Flammarion, 1969, pp. 566, 567.

La présentation précédente des travaux de Grünbaum a mis en évidence que, selon l'auteur, de nombreuses thèses freudiennes sont tout à fait réfutables et que ce n'est donc pas le critère poppérien qui permettrait de ranger la psychanalyse dans le domaine des pseudosciences. Nous nous proposons de confronter maintenant la démarche de Grünbaum au critère de démarcation poppérien dans le cadre des théories de l'étiologie de la paranoïa (i) et des causes du rêve (ii) de Freud.

La réfutabilité par *modus tollens* telle que Popper la présente dans les sections 18 et suivantes de *La logique de la découverte scientifique*, nécessite l'exclusion par la théorie d'énoncés de base falsificateurs virtuels. Les prédictions de paranoïa et de rêves devraient pouvoir être réfutées par l'observation d'un ensemble d'occurrences localisées spatio-temporellement correspondant à des comportements effectivement observés chez des patients. Ce n'est pas exactement la démarche choisie par Grünbaum qui s'appuie sur une « prédiction quasi-statistique ». Bien que ce dernier ne justifie pas son choix, on peut penser qu'une prédiction quasi-statistique lui permet non seulement de s'affranchir d'une démarche expérimentale psychanalytique qui n'est peut-être pas du ressort de ses compétences (avec toute l'organisation que cela suppose), mais aussi peut-être, grâce au recours à la loi des grands nombres, de minimiser l'importance d'une subjectivité qui ne manque pas de croître lors d'expérimentations qui ont pour sujet l'Homme.

Quelle est la position de Popper vis-à-vis des réfutations statistiques ? Si le critère de démarcation, présenté en association avec le paradigme déductif-nomologique de la rupture d'un fil sous l'effet d'un poids, a vocation à tester l'universalité de la loi, il est cependant dans les faits un système constitué toujours de cas individuels (c'est chaque expérimentation dans sa singularité qui peut être réfutée) et bien que devant être répétée, il n'autorise pas, *a priori*, une démarche statistique. Pourtant, comme nous l'avons déjà évoqué, lors de ses

« observations relatives à la théorie quantique », laquelle justement ne se satisfait pas de la singularité expérimentale (voir section 22), Popper ouvre la voie aux prévisions statistiques :

« La tâche du savant est de rechercher des lois qui lui permettront la déduction de prévisions. Cette tâche peut se diviser en deux parties. D'une part, il doit essayer de découvrir des lois qui le mettront en mesure de déduire des prévisions relatives à des cas individuels (des lois 'causales' ou 'déterministes', ou 'énoncés de précision'). D'autre part, il doit essayer d'avancer des hypothèses relatives à des fréquences, c'est-à-dire des lois énonçant des probabilités, afin de déduire des prévisions relatives à des fréquences. Il n'y a rien dans ces deux tâches qui les rendent incompatibles⁴⁰⁷ ».

La formulation de prévisions relatives à des fréquences est donc l'autre face de la recherche prédictive du scientifique. Tout d'abord soulignons qu'il n'y a pas à confondre l'absence de réfutabilité d'une hypothèse probabiliste⁴⁰⁸ avec la réfutabilité d'une loi énonçant des probabilités pour laquelle les prévisions probabilistes sont pour le moins réfutables par des résultats contraires. Le critère de démarcation semble donc opérationnel pour statuer sur la scientificité d'une loi probabiliste. Le souci, c'est que, sauf erreur de notre part, nous n'avons pas trouvé trace de la façon dont pourraient opérer la réfutabilité et la réfutation dans ce nouveau cadre. La symétrie des propos de Popper ne laisse pourtant aucun doute sur la nécessité de recherche de réfutabilité des lois probabilistes et il est donc assez surprenant que Popper ne nous précise pas la méthodologie à suivre, laissant en quelque sorte un blanc-seing à sa postérité. Si l'on s'accorde sur la nécessité de conserver comme point de départ, la règle logique du *modus tollens*, on entrevoit que la différence fondamentale se situe dans la nature des énoncés falsificateurs. En effet, les énoncés probabilistes se substituent ici aux énoncés de base localisés spatio-temporellement, ce qui pose d'office le problème de la base empirique. Dans le cas du système D-N d'explication, les énoncés falsificateurs (pourtant virtuels) permettent tant bien que mal (partie I.C.4) un lien direct avec l'expérience. Ici il s'agit d'énoncés établis secondairement à partir d'un ensemble d'énoncés empiriques individuels, et par là clairement théoriques. De plus, de par ses caractéristiques fondamentalement

⁴⁰⁷ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.* p. 250.

⁴⁰⁸ « Les hypothèses relatives à des probabilités ne sont [pas] falsifiables », POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.* p. 266.

probabilistes, la réfutabilité va plus difficilement obéir à la binarité (oui-non) du critère (partie I.C1) ; et il en sera de même de la réfutation. La réfutabilité d'une loi énonçant des probabilités ne pourra être mise en jeu que dans un cadre mathématique où les intervalles de confiance devront être clairement précisés. En d'autres termes, la méthode de réfutabilité d'une hypothèse probabiliste introduit un paramètre supplémentaire qui devrait être intersubjectivement déterminé. La formalisation des travaux de Grünbaum nous donnent l'opportunité de mettre en œuvre un tel raisonnement.

Si l'on veut pouvoir être en mesure de réfuter statistiquement les énoncés freudiens, il faut avant toute chose les considérer non plus comme des énoncés déterministes mais bien comme des énoncés probabilistes, ce que Grünbaum, en reprenant le schéma causal freudien, omet. Ce dernier cherche en effet à réfuter des énoncés déterministes par des énoncés probabilistes ce qui constitue une hérésie vis-à-vis de la démarche poppérienne. Une réfutation statistique ne peut (éventuellement) réfuter qu'une loi énonçant des probabilités et non directement une loi causale qui, selon Popper, doit être strictement réfutée par des énoncés de base étant eux-mêmes, rappelons-le, des énoncés d'observation singuliers localisés spatio-temporellement contrairement aux énoncés probabilistes falsificateurs. Les lois causales (i) et (ii) doivent donc être comprises comme des lois probabilistes. Dans le premier cas, pour un ensemble d'individus significatifs de la population affecté d'un désir homosexuel refoulé, la loi (i) entraîne comme conséquence une probabilité plus élevée pour cet ensemble d'individus d'être paranoïaque que pour l'ensemble de la population. Pour la loi (ii), la probabilité de rêver pour les individus affectés d'un désir refoulé est plus élevée que pour l'ensemble de la population.

En quoi consiste la réfutabilité de tels énoncés probabilistes ? L'on voit immédiatement qu'ils seront réfutés (potentiellement ou effectivement) par des données contraires, c'est-à-dire qui affirment que les deux ensembles d'individus affectés de désirs refoulés, sont

statistiquement aussi (ou moins) enclins à être paranoïaque (i) ou à rêver (ii) que l'ensemble de la population.

Si l'on s'accorde sur la méthodologie suivie, du seul point de vue logique, les énoncés freudiens sont statistiquement potentiellement réfutables. Il n'y a pas d'objections particulières à émettre contre l'existence potentielle de l'un ou l'autre énoncé falsificateur. L'on perçoit évidemment qu'en absence de liens entre désirs homosexuels refoulés et paranoïa d'une part et désirs refoulés et rêve d'autre part, les probabilités d'occurrences de ces événements dans les sous populations considérés devraient être statistiquement égales à celles de la population générales.

Techniquement les difficultés résident plus dans l'identification des individus souffrant des névroses ou des comportements précités que dans les aspects statistiques du problème. Un certain nombre de précautions d'usages devraient être prises par le statisticien, concernant l'échantillonnage et le traitement des données (comme l'inférence statistique) éventuels. De même les intervalles de confiance vis-à-vis des valeurs de probabilités seraient à définir. Par contre concernant le premier point technique, l'évaluation objective des caractères étudiés et notamment leur estimation quantitative peut s'avérer délicat. Popper utilise cette faille dans sa remarque de 1980 pour objecter qu'on ne peut jamais vraiment savoir si une personne est paranoïaque ou homosexuelle. Si le problème de la paranoïa pourrait être discuté pour les cas limites, on ne voit pas comment (à moins d'une flagrante mauvaise foi), dans le cas d'une homosexualité volontaire, comment une pratique homosexuelle objectivement évaluable ne serait pas le garant d'une véritable homosexualité. Parfois, il existe des signes neurophysiologiques permettant de trancher. Par exemple, à propos du rêve, Grünbaum fait justement remarquer que des indicateurs neurophysiologiques objectifs comme l'estimation des mouvements oculaires (R.E.M.) au cours du sommeil

paradoxal⁴⁰⁹ peuvent être utilisés (on peut aussi exploiter les caractéristiques de l'E.E.G.). De même, plus généralement, un certain nombre d'indicateurs, certes plus subjectifs, peuvent être définis. Par exemple on peut imaginer un indice de répression de l'homosexualité par la société. Dans ce cas, il est possible, par exemple, d'évaluer cet indice de 0 (absence de répression) à 10 (très forte répression) à partir d'enquêtes d'acceptation auprès des personnes (atteinte à la moralité) et à partir de données plus objectives (position vis-à-vis de la loi⁴¹⁰ : délit, amendes, peines d'emprisonnement, châtiments corporels, peine de mort, etc.). Ces dernières considérations techniques, importantes vis-à-vis de la réfutation empirique, ne semblent pas insurmontables d'un point de vue potentiel et de toutes les façons n'offrent pas d'objections particulières à la mise en œuvre du raisonnement logique.

Les thèses de Freud relatives à l'étiologie la paranoïa et aux causes du rêve, comprises comme des énoncés probabilistes, nous semblent clairement réfutables selon les modalités présentées précédemment et nous rejoignons sur ce point Grünbaum :

« Popper s'est fondamentalement trompé sur l'origine de l'échec de la psychanalyse comme théorie scientifique. Les défauts intellectuels de la psychanalyse sont le plus souvent trop subtils pour être détectés par le critère poppérien de démarcation par la réfutabilité. (...) Malheureusement le mythe poppérien de la non-réfutabilité s'est solidement établi dans le folklore philosophique actuel⁴¹¹ ».

Dans le cadre d'une démarche statistique, il est tout à fait possible de réfuter potentiellement ces « lois » que Freud dit avoir trouvées. Ces lois sont réfutables et souvent réfutées (il faudrait en construire un catalogue exhaustif pour conclure plus précisément). Comme nous l'avons montré, Freud établit lui-même qu'il existe des exceptions à sa théorie du rêve ce qui en constitue une réfutation et sa tentative d'immunisation est bien une preuve logique de sa réfutabilité.

⁴⁰⁹ GRÜNBAUM Adolf, *La psychanalyse à l'épreuve, op.cit. p. 125.*

⁴¹⁰ Par exemple, on peut indiquer que l'indice de répression de l'homosexualité dans la société des Etats-Unis d'Amérique a baissé à la suite de l'abrogation par le sénat (18/12/2010) de la loi interdisant aux soldats d'afficher leur homosexualité (loi dite « *Don't ask, don't tell* » de 1993). Il serait ainsi possible de suivre l'évolution de fréquence de la paranoïa dans l'armée des Etats-Unis d'Amérique.

⁴¹¹ GRÜNBAUM Adolf, *La psychanalyse à l'épreuve, op.cit. p. 17.*

Cependant tous les travaux de Freud ne s'apparentent pas à des lois universelles et dans bien des cas le psychanalyste s'attache plutôt à décrire des cas particuliers rencontrés chez ses patients (ou ceux de Breuer). Citons les cas d'Anna O. et d'Emma qui servirent de modèles d'étude de l'hystérie. Grünbaum dénonce, selon nous avec raison, la démarche freudienne qui identifie généralement une parenté thématique à un lien causal⁴¹². Pour établir les lois générales des troubles névrotiques, chaque cas est analysé dans l'objectif d'y déceler un déterminant causal explicatif. Freud infère un ou plusieurs liens causaux entre un trauma originel inconscient et une névrose. Par exemple dans le célèbre cas de l'Homme aux rats, Freud établit l'étiologie de la névrose obsessionnelle du patient (crainte de la mort et d'une punition de son père par pénétration anale de rats) à partir d'une double relation thématique (punition et morsure) avec un épisode de punition pendant l'enfance (l'Homme au rat aurait été « méchant comme un rat » en mordant quelqu'un). Il construit la succession de liens causaux (→) suivants : morsure de la gouvernante → correction du père → haine inconsciente du père → souhait inconscient du châtiment aux rats → crainte obsessionnelle du châtiment aux rats. Cette concaténation illustre parfaitement comment à partir d'associations d'idées, Freud peut construire des analyses péremptoires dont les fondements sont, pour le moins, discutables. Du point de vue de la réfutabilité de ce déterminisme, il faut noter qu'il s'agit d'une succession d'énoncés singuliers en partie historiques ; leur statut, que nous étudierons dans cette deuxième partie, est donc fondamentalement différent d'une loi universelle. Sans le justifier ici, indiquons simplement que cette concaténation n'est pas en totalité potentiellement réfutable contrairement à la majorité des énoncés universels formulés par Freud. Malheureusement, les critiques de Freud n'ont pas toujours fait cette différence : les travaux de Freud forment un mixte composé d'énoncés potentiellement réfutables et réfutés et d'énoncés totalement irréfutables.

⁴¹²*Ibid.* p. 89.

B. Prédicibilité et scientificité de la théorie de l'évolution

Contrairement au marxisme et à la psychanalyse dont les histoires se construisent dans le souci commun constant d'une reconnaissance de leur scientificité, le statut scientifique de la théorie de l'évolution issue des travaux de Charles Darwin n'est pas apparu initialement problématique. En effet, *L'origine des espèces* (1859), véritable pavé lancé dans la mare du puritanisme anglais, fit davantage désordre dans les milieux religieux et conservateurs européens que dans la sphère scientifique dont une partie non négligeable était déjà acquise à l'idée de transformation des espèces⁴¹³. La démarche de Darwin (1809-1882) s'inscrit dans la lente progression des idées transformistes que l'on peut faire remonter à Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759)⁴¹⁴, en passant notamment par Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829)⁴¹⁵, et dont la sélection naturelle se trouve être, en quelque sorte, le point d'orgue. Certes la théorie de la sélection naturelle fut âprement discutée et combattue par des scientifiques anti-darwiniens comme le paléontologue et zoologiste anglais Richard Owen (1804-1892), et ses homologues français et américano-suisse, François-Jules Pictet (1809-1872) et Louis Agassiz (1807-1873), ou encore en Angleterre, par l'ingénieur Fleeming Jenkin (1833-1885), mais ces luttes se situaient dans un contexte essentiellement scientifique. Même au cours de la période de « crise » du darwinisme (de 1890 à 1930)⁴¹⁶, pendant laquelle les fondements du modèle explicatif de l'évolution biologique furent remis en question, jamais la scientificité de la théorie, ni encore moins son intérêt n'ont été mis en cause.

⁴¹³ PICHOT André, *Histoire de la notion de vie*, Paris, Gallimard tel, 1993, chap. IX.

⁴¹⁴ *Vénus physique* (1745).

⁴¹⁵ *Philosophie zoologique* (1809).

⁴¹⁶ GAYON Jean, *Darwin et l'après-Darwin : une histoire de l'hypothèse de la sélection naturelle*, Editions KIMÉ, Paris, 1992, p.1.

Popper a contribué de façon importante, si ce n'est centrale, à l'accusation de non-scientificité de la théorie darwinienne de l'évolution puis, rappelons-le, a opéré un revirement spectaculaire en 1978 dans un article de *Dialectica* :

« J'ai changé d'avis sur la testabilité et le statut logique de la théorie de la sélection naturelle, et je suis content d'avoir une possibilité de faire une rétractation. Ma rétractation doit, je l'espère, contribuer un peu à la compréhension du statut de la sélection naturelle⁴¹⁷ ».

Cette rétractation illustre parfaitement les difficultés rencontrées par la méthode falsificationniste quand il s'agit de trancher sur la scientificité d'une théorie qui n'apparaît pas de prime abord nettement nomologique. C'est une chose d'appliquer la méthode à des lois relatives à la couleur des corbeaux ou à la rupture d'un fil sous l'effet d'un poids, cela en est une autre quand il s'agit d'appliquer le critère dans un domaine aussi complexe que l'évolution. L'étude du cheminement de la pensée de Popper sur ce sujet est donc particulièrement intéressante et instructive pour qui s'intéresse à l'applicabilité du critère de démarcation.

La question de la théorie de l'évolution et de sa scientificité tient une place originale dans l'œuvre de Popper. D'abord, si elle occupe initialement rarement une importance centrale de son discours⁴¹⁸, se situant généralement à la marge des thèses proposées, on la retrouve dans la majorité de ses recueils philosophiques. Ensuite si la théorie de la sélection naturelle, ou certains de ses éléments, de par leurs caractéristiques ne pouvaient pas accéder dans un premier temps au corpus de la science, nous avons rappelé (partie I.B.3) qu'elle avait été paradoxalement d'une grande inspiration dans l'élaboration de la théorie de la connaissance de Popper. On retrouve cette influence dès *La logique de la découverte scientifique*⁴¹⁹ avec la notion de lutte entre théories rivales pour l'existence, puis plus tard lors

⁴¹⁷ (“I have changed my mind about the testability and the logical status of the theory of natural selection; and I am glad to have an opportunity to make a recantation. My recantation may, I hope, contribute a little to the understanding of the status of natural selection” – je traduis -), POPPER Karl R., « Natural Selection and the Emergence of Mind » in *Dialectica*, Vol. 32, Fasc. 3-4, 1978, p. 345.

⁴¹⁸ Exception notable du chapitre XXXVII de *La quête inachevée* (1974) intitulé « Le darwinisme comme programme de recherche métaphysique ».

⁴¹⁹ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.* p. 108.

de l'élaboration de l'épistémologie évolutionniste des années 1960 et 1970. Comme le précise alors Popper (en 1961) : « La théorie de la connaissance [que j'entends proposer] est, pour l'essentiel, une théorie darwinienne du développement de la connaissance⁴²⁰ » dont la clé de voute consiste en « *la sélection naturelle des hypothèses* ». La méthode falsificationniste se trouve donc être le raffinement logique et conscient d'un processus déjà à l'œuvre dans la nature, à savoir la sélection naturelle. Qui plus est, quatre années plus tard, il généralise et intègre les mécanismes de sa théorie de la connaissance dans une pan-théorie évolutionniste de l'essai et de l'erreur :

« On peut décrire ma théorie comme une tentative pour appliquer à toute l'évolution ce que nous avons appris quand nous avons analysé celle qui fait passer du langage animal au langage humain. (...) On admet la théorie néo-darwinienne de l'évolution ; mais on la reformule en montrant qu'on peut interpréter ses "mutations" comme des coups plus ou moins accidentels au jeu d'essai et erreur, et qu'on peut interpréter la "sélection naturelle" comme un moyen de contrôle par élimination de l'erreur⁴²¹ ».

Popper est ici dans la droite filiation des « philosophes évolutionnistes » tels Bergson et Whitehead dont il raillait pourtant les fumeuses élucubrations dans *Misère de l'historicisme*⁴²². Il s'agit donc, en quelque sorte, d'un autre retournement dont Popper a fait son *mea-culpa* : « Je rougis de devoir faire cet aveu ; mais, plus jeune, j'ai souvent tenu des propos très méprisants sur les philosophes évolutionnistes. (...) Mais aujourd'hui, je dois avouer que cette tasse de thé a fini par devenir, au bout du compte, ma propre tasse de thé ; et je n'ai plus qu'à y tremper le pain sec de ma pénitence⁴²³ ».

L'étude du darwinisme par Popper porte, comme on le voit, sur des domaines assez variés qui vont de l'étude logique de la théorie de la sélection naturelle à l'élaboration d'une pan-théorie évolutionniste (qu'il qualifie de « légère amélioration de la théorie

⁴²⁰ POPPER Karl R., « L'évolution et l'arbre de la connaissance » (1961) in *La connaissance objective* (1972), *op.cit.*, p. 392.

⁴²¹ POPPER Karl R., « Des nuages et des horloges » (1965) in *La connaissance objective* (1972), *op.cit.*, p. 365.

⁴²² « Je suis d'accord avec le professeur Raven lorsque, dans *Science, Religion, and the future* (1943), il appelle ce conflit [« le heurt quelque peu sensationnel entre brillante hypothèse scientifique relative à l'histoire des diverses espèces d'animaux et de végétaux sur la terre, et une vieille théorie métaphysique »] "une tempête dans une tasse de thé victorienne" ; quoique la force de cette remarque soit peut-être affaiblie par l'attention qu'il accorde aux vapeurs qui se dégagent encore de la tasse (...) ». POPPER Karl R., *Misère de l'historicisme* (1956), *op.cit.*, note 1 p. 134.

⁴²³ POPPER Karl R., « Des nuages et des horloges » (1965) in *La connaissance objective* (1972), *op.cit.*, p. 365.

darwinienne⁴²⁴ »), en passant par des considérations scientifiques souvent discutables. Elle s'est construite par de multiples retournements et rétractations qui mettent en exergue le cheminement tortueux de la pensée poppérienne et en rendent difficile une approche synthétique simple. Nous allons tenter de présenter les principales étapes et les infléchissements de la pensée de Popper sur le problème de la scientificité de la théorie darwinienne, en gardant à l'esprit l'avertissement de François Tournier : « La position de Popper en biologie évolutionniste est loin d'être limpide et univoque comme le supposent la plupart de ses critiques⁴²⁵ ». En effet la majorité des commentateurs des positions poppériennes, comme Renée Bouveresse (1978), Michael Ruse (1977) ou D.B. Kitts (1977) ont majoritairement écrit avant la rétractation (c'est un peu le même problème qu'avec la falsifiabilité) quand ils n'en ont pas pris connaissance, comme Robert Nadeau qui affirme en 1983 : « Le darwinisme est une théorie non testable, non prédictive, *ad hoc*, non nomologique (...) [que] l'on serait malvenu de (...) déclarer scientifique⁴²⁶ ». De plus, il existe un déséquilibre quantitatif important des travaux de Popper qui ne facilite pas l'entreprise. En effet les textes les plus aboutis d'un point de vue conceptuel, c'est-à-dire ceux de *Misère de l'historicisme* (1956), *La connaissance objective* (1972)⁴²⁷ et *La quête inachevée* (1974), sont antérieurs à la rétractation, cette dernière n'étant que très partiellement justifiée dans le texte de *Dialectica* de 1978 et simplement rappelée dans sa réponse à Beverly Halstead (« Popper : good philosophy, bad science ? ») parue en 1980 dans *New Scientist*⁴²⁸. Chaque étape de la pensée de Popper est accompagnée d'une étude critique dont l'objectif est de dégager quelques enjeux importants de la philosophie de l'évolution biologique.

⁴²⁴ POPPER Karl R., *La quête inachevée* (1974), *op.cit.*, p. 241.

⁴²⁵ TOURNIER François, « Un retournement dans la philosophie de K.R. Popper » in *PHILOSOPHIQUES*, Vol. XVIII, Numéro 1, Printemps 1991, <http://id.erudit.org/iderudit/027141ar>, p. 89.

⁴²⁶ NADEAU Robert, « Problèmes philosophiques actuels du darwinisme » in *Cahiers d'épistémologie*, N° 8306. Repris dans J. Lévy et H. Cohen (dir.) *Darwin après Darwin*, Québec, Presses de l'Université du Québec, (1984), pp. 85-110.

⁴²⁷ Les principales contributions pour le sujet qui nous concerne ici, datent de 1965, 1966 et 1970 correspondant respectivement aux textes « Des nuages et des horloges », « Une conception réaliste de la logique, de la physique et de l'histoire » et « Les deux visages du sens commun ».

⁴²⁸ POPPER Karl R., "Letter to the Editor" in *New Scientist*, v. 87, 1980.

1. « L'hypothèse évolutionniste, un énoncé historique singulier »

Les premières réflexions de Popper relatives à la théorie de l'évolution se retrouvent donc dans *Misère de l'historicisme* (1956), (elles furent éditées sous forme d'articles en 1944 et 1945 et vraisemblablement écrites dès 1935⁴²⁹), forment plus un ensemble de thèses accessoires lui permettant d'approfondir sa réflexion sur l'historicisme, qu'une étude approfondie dirigée contre l'hypothèse évolutionniste. D'ailleurs Popper la qualifie de « brillante hypothèse scientifique relative à l'histoire des diverses espèces d'animaux sur la terre⁴³⁰ ». L'étude de la testabilité de l'hypothèse évolutionniste n'a pas pour objectif de démolir l'entreprise darwinienne mais bien l'usage par analogie que peuvent en faire les historicistes tels Marx et Engels. En rejetant la possibilité de tester toute histoire y compris évolutionniste, Popper dénonce toute possibilité d'existence de « lois » et donc de déterminisme dans l'histoire humaine.

Misère de l'historicisme est donc le premier ouvrage de Popper qui aborde le problème de l'évolution biologique. L'auteur définit ce qu'il appelle l'hypothèse évolutionniste :

« Ce que nous appelons l'hypothèse évolutionniste est une explication d'une multitude d'observations biologiques et paléontologiques – par exemple, de certaines similitudes entre diverses espèces ou divers genres – par la supposition de l'ascendance commune des formes envisagées. Cette hypothèse n'est pas une loi universelle, bien que certaines lois universelles de la nature, telles que les lois de l'hérédité, de la ségrégation et des mutations, entrent avec elle dans l'explication⁴³¹ ».

Son statut épistémologique est celui d'un énoncé singulier : « [l'hypothèse évolutionniste] a plutôt le caractère d'un énoncé historique particulier (singulier ou spécifique)⁴³² ». Plus loin dans le texte, Popper insiste de nouveau sur le caractère fondamentalement singulier de

⁴²⁹ NADEAU Robert, « Popper, Hayek et la question du scientisme », *Cahiers d'épistémologie*, Montréal, Université du Québec à Montréal, Département de philosophie, 1985. Repris dans *Manucristo*, IX, 2 (octobre 1986), pp.125 à 156.

⁴³⁰ *Ibid.*, p. 134.

⁴³¹ POPPER Karl R., *Misère de l'historicisme* (1956), trad. d'Hervé Rousseau, révisée par Renée Bouveresse, Paris, Editions Plon, collection Agora, 1988, p. 135.

⁴³² *Ibid.*, p. 135. Voir partie II.C.2 pour une présentation générale des énoncés.

l'évolution de la vie sur le Terre. Donc étant donné que l'évolution de la vie sur Terre est un processus historique unique, tout comme l'histoire humaine, un processus qui n'a ni assise expérimentale directe, ni capacité à être reproduit, toute hypothèse que l'on pourra émettre à son propos aura le caractère d'un énoncé historique singulier. L'hypothèse évolutionniste est-elle testable ? Assurément, concernant la pensée poppérienne de la période de *Misère de l'historicisme*, non. Quel est l'argument de l'auteur ? Popper, en phase avec ses travaux relatifs aux caractéristiques des énoncés propres aux lois (*i.e.* énoncés universels stricts de *La logique de la découverte scientifique*) affirme qu'un énoncé ne formulant pas d'assertions relatives à un certain ordre invariant ne peut en aucun cas être testé. Il précise que « nous ne pouvons espérer tester une hypothèse universelle ni découvrir une loi naturelle acceptable pour la science si nous sommes à jamais réduits à l'observation d'un seul et unique processus⁴³³ ». Ce qui empêche donc la réfutabilité de l'hypothèse évolutionniste, c'est son statut d'énoncé historique singulier unique qui ne permet aucun test associé à une nécessaire reproductibilité. Or l'on a vu que la reproductibilité est présentée dans *La logique de la découverte scientifique* comme une condition fondamentale de la réfutabilité. On retrouve ici les caractéristiques de la seconde période de Popper qui donne la primauté à la réfutation au détriment de la réfutabilité. En effet, ici il ne se préoccupe pas du test potentiel de la relation logico-technique de l'hypothèse évolutionniste. Il pourrait insister sur l'idée qu'étant un énoncé singulier, la classe de ses falsificateurs actuels est vide. Or il ne le fait pas, préférant axer son raisonnement sur l'absence de reproductibilité ce qui finalement correspond plutôt à une recherche de réfutation. Cette première approche poppérienne de la théorie darwinienne, appelle un certain nombre de commentaires.

Tout d'abord, il est étonnant d'observer que « l'hypothèse évolutionniste » de Popper, alors qu'elle est expliquée par « les lois de l'hérédité, de la ségrégation et des mutations », ne

⁴³³ *Ibid.*, p. 137.

fait pas référence à la sélection naturelle⁴³⁴. Bien sûr l'ascendance commune des espèces peut être formulée en dehors du cadre de la sélection naturelle, comme cela avait été fait par les prédécesseurs de Darwin, mais alors cette hypothèse ne devrait pas être liée aux lois susnommées. On ne peut cependant douter que c'est bien à la théorie darwinienne de l'évolution que Popper fait référence⁴³⁵, même s'il ne le dit pas explicitement. Il est bien difficile de savoir s'il s'agit d'un oubli majeur ou d'un choix conscient, mais force est de constater que le sujet est étonnamment engagé par Popper. Rappelons, s'il était nécessaire, que « l'ascendance commune des formes envisagées⁴³⁶ » n'est évidemment pas expliquée initialement par Darwin grâce aux « lois de l'hérédité, de la ségrégation et des mutations⁴³⁷ » qui lui étaient inconnues, mais bien par la sélection naturelle comme l'indique le titre du *magnum opus* de 1859 : *De l'origine des espèces par le moyen de la sélection naturelle*. Les lois citées par Popper ne prendront sens vis-à-vis de l'« ascendance commune »⁴³⁸ que dans le cadre d'une théorie génétique de la sélection qui apparaît dans les années 1920⁴³⁹. Une explication que l'on peut formuler de la raison d'un tel choix, c'est qu'il permet à Popper d'évacuer (un peu trop rapidement) la notion de théorie pour cantonner « l'hypothèse évolutionniste » au rang d'énoncé historique singulier.

Car remarquons, tout d'abord, que Popper « descend » au rang d'hypothèse ce qu'initialement Charles Darwin a élevé à celui de théorie. Dans la conclusion de *De l'origine des espèces par le moyen de la sélection naturelle* (1859), Darwin indique que le livre entier

⁴³⁴ Etrangement page 137, Popper énumère la sélection naturelle comme exemple de loi causale ce qui tranche avec l'extrait précédent et surtout son assimilation future à une quasi-tautologie.

⁴³⁵ Juste après la définition de l'hypothèse évolutionniste, Popper indique que cette dernière a le même statut que l'assertion historique « Charles Darwin et Francis Galton avaient un grand-père commun ».

⁴³⁶ *Ibid.*

⁴³⁷ *Ibid.*

⁴³⁸ Nous suivrons les recommandations de Guillaume Lecointre consistant à rejeter la traduction du « *descent with modification* » darwinien en « descendance avec modification » mise en usage par Edmond Barbier, pour lui préférer celle d'« ascendance commune » beaucoup plus correcte. LECOINTRE Guillaume, « Filiation » (chap. 8) in *Les mondes darwiniens. L'évolution de l'évolution*, Paris, Syllepse, sous la direction de Thomas Heams, Philippe Huneman, Guillaume Lecointre, Marc Silberstein, 2009, pp.177-181.

⁴³⁹ GAYON Jean, *Darwin et l'après-Darwin : une histoire de l'hypothèse de la sélection naturelle*, Editions KIMÉ, Paris, 1992, p.3.

est « une longue argumentation » d'une « théorie de la descendance, modifiée par la variation et par la sélection naturelle⁴⁴⁰ ». Jean Gayon analyse l'*Origine des espèces* comme la présentation d'une hypothèse et d'une théorie : « La théorie dont la sélection naturelle est l'hypothèse organisatrice était prête. L'*Origine des espèces* est avant tout une vaste reconstruction de l'histoire naturelle, fondée sur la capacité unificatrice et explicative de l'hypothèse de sélection naturelle⁴⁴¹ ». Certes la limite entre hypothèse et théorie n'est pas épistémologiquement toujours très nette, cependant on peut entendre une hypothèse, en sciences de la vie, comme une proposition explicative principielle rendant compte de la régularité des phénomènes observées, et une théorie comme un ensemble spéculatif de portée plus générale qui résulte de la confrontation de l'hypothèse avec un vaste ensemble de données empiriques⁴⁴². A ce propos Popper fait remarquer :

« Le fait que toutes les lois de la nature sont des hypothèses ne doit pas distraire notre attention du fait que toutes les hypothèses historiques plus spécialement, ne sont pas, en général, des énoncés universels, mais des énoncés singuliers relatifs à un évènement individuel, ou à un groupe d'évènements de ce genre⁴⁴³ ».

Popper se refuse à parler ici de théorie parce qu'il associe ce vocable à celui de l'universalité de la loi⁴⁴⁴, la limite de scientificité ne passant pas entre ces concepts, mais plutôt, le cas échéant, entre la théorie et l'hypothèse.

Cependant, dans une démarche qui se veut objective, Popper recherche une théorie qui pourrait expliquer « l'hypothèse évolutionniste », il s'interroge, par exemple, sur la possibilité de théoriser les « tendances orthogénétiques » c'est-à-dire les séquences de changements évolutifs qui opèrent dans la même « direction ». Mais pour Popper si ces tendances existent

⁴⁴⁰ DARWIN Charles, *De l'origine des espèces par le moyen de la sélection naturelle* (1859), trad. de la 6^e éd. Anglaise par Edmond Barbier, Ancienne Librairie Schleicher, Alfred Costes Éditeur, Paris, 1921, p. 536.

⁴⁴¹ GAYON Jean, *Darwin et l'après-Darwin : une histoire de l'hypothèse de la sélection naturelle*, *op.cit.*, p.23.

⁴⁴² Hervé Barreau donne la définition générale suivante : « Une théorie apporte une vision d'ensemble d'un large champ du savoir, permettant à certaines hypothèses, promues au rang de principes, de rendre compte des régularités et des lois établies par l'expérience et exprimées le plus souvent, s'il s'agit d'astronomie et de physique à l'aide de relations mathématiques ». BARREAU Hervé "Théorie" in LECOURT Dominique, *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences* (1999), Paris, PUF, Grands dictionnaires, édition « Quadrige », 2003, p. 941.

⁴⁴³ POPPER Karl R., *Misère de l'historicisme* (1956), *op.cit.*, p.136.

⁴⁴⁴ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, chap. 3. Voir aussi notre partie III.C.2.

(ou plutôt les artifices statistiques correspondants), « *des tendances générales ne sont pas des lois*. Un énoncé affirmant l'existence d'une tendance est existentiel, non pas universel⁴⁴⁵ ». Il essaie aussi de montrer que chaque événement historique peut être étudié non seulement dans sa dimension proprement historique c'est-à-dire unique, mais aussi du point de vue de son explication causale. En effet « toute succession réelle de phénomènes s'effectue en accord avec les lois de la nature » mais pour autant « *aucune séquence de, disons, trois – ou plus de trois – événements concrets causalement reliés ne s'effectue selon une quelconque loi unique de la nature*⁴⁴⁶ ». L'histoire de la vie obéit aux lois de la nature (comme celles de Newton), mais il n'existe pas de loi unique permettant d'expliquer l'ensemble de l'évolution. Dans sa conférence de 1961, « L'évolution et l'arbre de la connaissance », la référence à Darwin est alors explicite et Popper rappellera que « la théorie darwinienne de l'évolution n'a proposé aucune loi universelle (...). Il n'existe pas de lois darwiniennes de l'évolution⁴⁴⁷ ».

Manifestement, dans la droite ligne de *la Logique*, dès *Misère de l'historicisme* puis aussi par la suite, Popper a cherché à intégrer l'histoire de la vie dans un système théorique nomologique. Son attitude s'explique par la façon dont il conçoit la science empirique, une science qui se développe dans un paradigme universaliste physicaliste typiquement causal, mais qui peut se comprendre aussi comme une réponse aux références darwiniennes (car la notion de loi n'est pas étrangère à Darwin) et surtout aux exigences nomologiques de ses épigones.

Alors que *l'Origine des espèces*, par la façon dont les problèmes sont introduits et étudiés, donne une impression générale de forte contemporanéité, le lecteur du XXI^e siècle peut être étonné de l'abondance des lois (*laws*) évoquées par Darwin. Nous en avons répertorié une bonne quarantaine, qui vont de la loi de la couleur des coquillages en fonction

⁴⁴⁵ POPPER Karl R., *Misère de l'historicisme* (1956), *op.cit.*, p. 145.

⁴⁴⁶ *Ibid.*, p. 148.

⁴⁴⁷ POPPER Karl R., *La connaissance objective* (1972), *op.cit.*, p. 399.

de la profondeur de l'eau et de la latitude⁴⁴⁸, à la « loi de la sélection naturelle⁴⁴⁹ », en passant par les lois de la variabilité, de la reproduction, de l'hérédité, de l'embryologie etc. Parce que notre concept de loi, en science de la vie, s'est modifié depuis 150 ans, il serait bien difficile actuellement de trouver des biologistes qui se risqueraient à évoquer, à l'appui de leur argumentation, une telle diversité de lois biologiques. Hérité du vocabulaire social (initialement, le *nomos* est la loi ou la coutume de la répartition des pâturages), la loi en science est une notion multiforme qui est cependant toujours articulée, comme dans son sens juridique, à celle d'obligation et de nécessité aperçues dans les choses elles-mêmes. C'est avec les travaux de Galilée puis de Newton, que l'on considère généralement que le sens moderne de loi se fixe au sein de la physique géométrique puis mathématique. Les lois selon Auguste Comte sont des descriptions « des relations constantes qui existent entre les phénomènes observés⁴⁵⁰ ». Les scientifiques du XIXe n'auront de cesse de satisfaire aux exigences newtoniennes de proscrire les fictions et les interventions miraculeuses. Darwin poursuit cette démarche⁴⁵¹ dans le monde du vivant, dont il attribue la paternité à Lamarck⁴⁵². C'est dans cette optique, cette opposition au miraculeux, qu'il faut comprendre les lois énoncées par Darwin que l'on qualifierait actuellement plutôt, de généralisations empiriques⁴⁵³, de mécanismes⁴⁵⁴ que d'énoncés universels de portée spatio-temporelle

⁴⁴⁸ DARWIN Charles, *De l'origine des espèces par le moyen de la sélection naturelle* (1859), *op.cit.*, p. 157.

⁴⁴⁹ *Ibid.*, p. 484.

⁴⁵⁰ COMTE Auguste, *Discours sur l'esprit positif* (1842), 1^{ère} partie, §3.

⁴⁵¹ Pour Darwin il n'y avait aucune incompatibilité entre la religion et sa théorie, car le « Créateur » n'agit pas directement sur la nature, mais par l'intermédiaire des causes secondes dont la sélection naturelle est partie prenante.

⁴⁵² « [Lamarck] rendit à la science l'éminent service de déclarer que tout changement dans le monde organique, aussi bien que dans le monde inorganique, est le résultat d'une loi, et non d'une intervention miraculeuse ». DARWIN Charles, *De l'origine des espèces par le moyen de la sélection naturelle* (1859), *op.cit.*, p. 9. Voir aussi la première des exergues extraite de l'œuvre de William Whewell.

⁴⁵³ C'est le cas de ces nombreuses lois énoncées par Darwin qui sont des généralisations construites à partir de l'observation de corrélations (« loi des greffes », « loi des formes intermédiaires », « loi du rapport des articulations », « loi de la succession des types », « loi de la succession des formes », « loi de la vigueur hybride », « loi de parenté des habitants des îles et des continents » etc.) et pour lesquelles l'auteur souligne souvent l'existence d'exceptions.

⁴⁵⁴ L'on parlerait ainsi plutôt de « mécanismes de la reproduction », « mécanismes de la croissance », « mécanismes de la fécondation », « mécanismes de l'hérédité » etc. Il n'est pas du tout certain que la biologie

illimitée comme l'exigera la philosophie empirique logique du XXe siècle. Ce serait une erreur en histoire des sciences d'interpréter les lois darwiniennes à la lueur de nos concepts actuels, parce que Darwin avait tout à fait conscience de la complexité des « mécanismes » mis en jeu dans ces lois de portée plus limitée, comparativement aux lois décrites par Newton qui apparaissaient beaucoup plus simples⁴⁵⁵. Il rappelle d'ailleurs le caractère métaphorique de certaines de ses expressions comme « sélection naturelle » et « nature » auxquelles il associe le terme de « loi »: « par *lois*, je désigne la séquence des événements en tant que nous les établissons (*as ascertained by us*)⁴⁵⁶ ». On remarque ici une conception assez conventionnaliste de la loi et très éloignée des lois universelles du mouvement de Newton. Cette conception darwinienne de la loi en biologie s'oppose à l'entreprise de ses épigones tels Herbert Spencer (1820-1903) ou Thomas Henry Huxley (1825-1895)⁴⁵⁷.

Le philosophe et sociologue Herbert Spencer, qui fut un ardent défenseur des thèses de Darwin, a développé parallèlement une vision très mécaniciste de l'évolution, comme une loi qui régit le mouvement de l'univers dans son ensemble⁴⁵⁸, loi totalement étrangère aux idées darwiniennes. Ses thèses, auxquelles il associa les travaux de Darwin, eurent un important succès, notamment aux Etats-Unis. Mais sa volonté de théoriser l'évolution en lois de

du XXe siècle ait gagné à cette substitution, quand on réfléchit à l'importance de l'héritage cartésien qui a été ainsi transmis à la biologie moderne. De ce point de vue le terme de système serait plus heureux.

⁴⁵⁵ « Que l'on jette en l'air une poignée de plumes, elles retomberont toutes sur le sol en vertu de certaines lois définies ; mais combien le problème de leur chute est simple quand on le compare à celui des actions et des réactions des plantes et des animaux innombrables qui, pendant le cours des siècles, ont déterminé les quantités proportionnelles des espèces d'arbres qui croissent aujourd'hui sur les ruines indiennes ! ». DARWIN Charles, *De l'origine des espèces par le moyen de la sélection naturelle* (1859), *op.cit.*, p. 94.

⁴⁵⁶ *Ibid.*, p. 101, (traduction de Dominique Lecourt, *L'Amérique entre la Bible et Darwin* (1992) *op.cit.*, p. 49).

⁴⁵⁷ Les thèses darwiniennes ont été passablement déformées et récupérées par de nombreux commentateurs tels Herbert Spencer, Thomas Henry Huxley, Asa Gray... et sur le plan éthique par les représentants du darwinisme social (au premier chef H. Spencer) et de l'eugénisme (Francis Galton...). L'on sait que Darwin n'a pas toujours eu une position très univoque (il a rendu hommage dans ses écrits à deux reprises à Spencer), partagé par sa volonté de rester fidèle à ses convictions et celle de ne pas refuser les soutiens intellectuels indispensables à la propagation de sa pensée.

⁴⁵⁸ « L'évolution est une intégration de matière, accompagnée simultanément d'une dissipation de mouvement, au cours de laquelle la matière passe d'une homogénéité indéfinie, incohérente, à une hétérogénéité cohérente et définie, tandis que le mouvement résiduel subit une transformation parallèle ». SPENCER Herbet, *A system of Synthetic Philosophy* (1880), cité par Ernst Mayr, *Histoire de la biologie, Diversité, évolution et hérédité* (1982), trad. de Marcel Blanc, Paris, Fayard, 1989, p. 365.

« différenciation » et d'« intégration », entraîne une déformation importante de la théorie darwinienne et conduit à une conception de l'évolution prédéterminée par un perfectionnement croissant, finalisme qu'avait toujours voulu combattre Darwin. Ce principe téléologique associé à des lois physicalistes « quasiment vides de tout contenu empirique (en comparaison des lois de Newton) ⁴⁵⁹ » offre une prise facile aux critiques de Popper qui qualifie ces dernières de « vagues » et donc, sous-entendu, d'irréfutables (Ernst Mayr les considèrera comme métaphysiques⁴⁶⁰). Concernant Thomas Henry Huxley, Popper cite un extrait de ses *Lay Sermons* (1880) dans lequel l'auteur met en avant l'existence indiscutable, d'« un ordre invariant », d'une « loi de l'évolution des formes organiques⁴⁶¹ » qui resterait cependant à trouver. Manifestement, les contemporains du nouveau « Newton de la vie⁴⁶² » auront eu tendance à assimiler un peu trop rapidement le nouveau paradigme biologique à celui, physique, de son illustre prédécesseur. En accord avec Popper, on serait bien en peine, de prime abord⁴⁶³, d'identifier dans un processus historique unique, une loi darwinienne de l'évolution au sens où l'entendent les physiciens et les empiristes logiques.

Cependant le statut épistémologique que Popper affecte à « l'hypothèse évolutionniste », un énoncé historique singulier, est assez curieux et aussi révélateur de son positionnement. Dans la nomenclature du chapitre III de *La logique de la découverte scientifique*, les énoncés singuliers se rapportent à des événements particuliers, il s'agit toujours d'énoncés descriptifs (voir partie II.C.2). Un énoncé singulier historique sera de la forme : « Il a plu à Vienne le 12 mars 1933⁴⁶⁴ ». On remarque qu'il n'attend *stricto sensu* aucune explication. Ce qui n'est pas le cas de « l'hypothèse évolutionniste » qui ne se contente pas de décrire de simples faits historiques, elle propose, selon les mots mêmes de

⁴⁵⁹ POPPER Karl R., *La connaissance objective* (1972), *op.cit.*, p. 399.

⁴⁶⁰ MAYR Ernst, *Histoire de la biologie, Diversité, évolution et hérédité* (1982), *op.cit.*, p. 365.

⁴⁶¹ HUXLEY Thomas Henry, *Lay Sermons* (1880), cité par Karl R. Popper, *Misère de l'historicisme* (1956), *op.cit.*, p. 136.

⁴⁶² Comme l'appelait de ses vœux Henri Dutrochet dans *Mémoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologiques des végétaux et des animaux* (1837), p. XV.

⁴⁶³ Mais voir cependant *infra*.

⁴⁶⁴ POPPER Karl R., "Replies to my critics" in *The Philosophy of Karl Popper*, *op.cit.*, p. 988.

Popper, « une explication », dont nous avons rappelée l'importance organisatrice du concept de sélection naturelle. Il semble clair que « l'hypothèse évolutionniste », telle que la définit Popper, est plus qu'un simple énoncé singulier, pour autant ce n'est pas non plus une loi universelle de portée spatio-temporelle illimitée (voir cependant *infra*). Elle se rapprocherait, concernant son efficience, des énoncés universels numériques mais ne pourrait s'y réduire car Popper les définit comme un ensemble d'énoncés singuliers⁴⁶⁵. Cette remarque met en évidence l'incomplétude du système poppérien binaire partagé entre des énoncés universels toujours compris comme des lois universelles et des énoncés existentiels qui ne peuvent pas être des théories. L'hypothèse évolutionniste de Popper, que nous requalifierons en « théorie de la descendance modifiée par la variation et par la sélection naturelle » (car c'est bien de cela dont il s'agit), si elle n'est pas une loi universelle au sens où l'entendent les physiciens, n'est pas davantage un énoncé singulier ou une conjonction d'énoncés singuliers. L'épistémologie poppérienne bâtie sur le modèle de la physique classique, est incapable de rendre compte de la particularité des systèmes biologiques intrinsèquement liés à des processus évolutifs (voir partie III.C). L'on voit combien l'entreprise critique poppérienne de l'évolution se construit sur des concepts inadaptés à la biologie.

2. « Un truisme tautologique ou quasi-tautologique du ressort de la logique situationnelle »

La critique poppérienne principale des trois articles de *La connaissance objective* (1972), que l'on retrouvera dans *La quête inachevée* (1974) ne se situe pas au même niveau. Ce n'est plus le problème de la singularité de l'histoire de l'évolution qui est souligné, mais le caractère apparemment tautologique de la théorie de la sélection naturelle et donc sa testabilité :

⁴⁶⁵ « Les énoncés numériquement universels (...) équivalent en fait à certains énoncés singuliers ou à des conjonctions d'énoncés singuliers ». POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p. 60.

« Même si on laisse de côté les *philosophies* évolutionnistes, ce qui fait problème dans la théorie évolutionniste elle-même, c'est son caractère tautologique, ou quasi tautologique : la difficulté tient au fait que le darwinisme et la sélection naturelle, si grande que soit leur importance, expliquent l'évolution par « la survie du plus apte » (une expression due à Herbert Spencer). Pourtant, il ne semble pas y avoir beaucoup de différence, s'il y en a une, entre l'affirmation "ceux qui survivent sont les plus aptes", et la tautologie "ceux qui survivent sont ceux qui survivent". Car nous n'avons pas, je le crains d'autre critère d'aptitude que l'effectivité de la survie ; en conséquence, c'est à partir du fait que certains organismes ont survécu que nous concluons qu'ils étaient les plus aptes, ou les mieux adaptés à leur conditions de vie⁴⁶⁶ ».

Précisons que Popper avait été précédé, à partir des années 1960 (et lors de la rétractation de 1978 il dira avoir été influencé), par des remarques sur la validité logique même de la théorie soulevées par un certain nombre de biologistes évolutionnistes tels Ronald Fisher (1890-1962), J.B.S. Haldane (1892-1964), George G. Simpson ou encore C.H. Waddington : « la sélection naturelle (...) se révèle (...) être une tautologie⁴⁶⁷ ». Pour autant, et paradoxalement, ces considérations logiques ne cherchaient pas à remettre en question le pouvoir explicatif de la théorie, car C.H. Waddington, dans un même mouvement, lui attribuait « une puissance énorme d'explication⁴⁶⁸ », et de ce fait elles passèrent relativement inaperçues jusqu'à ce que Popper, en sa qualité de logicien, les mettent en exergue.

D'un point de vue logique rappelons qu'une tautologie a une probabilité de se réaliser égale à un⁴⁶⁹, ce qui entraîne son irréfutabilité car sa classe de falsificateurs virtuels est vide, son contenu empirique est nul⁴⁷⁰. Il en découle, selon la logique poppérienne, qu'en aucune façon un énoncé tautologique ne peut avoir un quelconque pouvoir explicatif ; si la théorie de la sélection naturelle est tautologique elle ne peut donc appartenir à la science empirique. Toutefois Popper hésite dans la qualification, entre tautologique et quasi tautologique. La difficulté réside dans le fait de savoir si « être plus apte » est logiquement équivalent avec « survivre ». Si l'on ne peut pas définir l'aptitude autrement qu'opérationnellement en terme

⁴⁶⁶ POPPER Karl R., « Des nuages et des horloges » (1965), in *La connaissance objective* (1972), *op.cit.*, p. 365. Voir aussi, « Les deux visages du sens commun » (1970), *ibid.*, p. 131.

⁴⁶⁷ WADDINGTON C.H., « Evolutionary Adaptation », in S. Tax (ed.) *Evolution after Darwin : volume I – The Evolution of Life*, Chicago University Press, Chicago, 1960, pp. 381-402, cité par Popper, POPPER Karl R., « Natural Selection and the Emergence of Mind » in *Dialectica*, Vol. 32, Fasc. 3-4, 1978, p. 344.

⁴⁶⁸ *Ibid.*

⁴⁶⁹ Que l'on peut rendre compte par l'expression logique suivante : $p(h \vee \neg h) = 1$

⁴⁷⁰ Que Popper transcrit : $Ct = 0$ (voir partie III.B.)

de survie, alors « une partie considérable du darwinisme n'a pas la nature d'une théorie empirique mais bien celle d'un truisme logique⁴⁷¹ ».

Cependant Popper observe que la théorie de la sélection naturelle possède bien une composante empirique, comme les organismes vivants, les conditions changeantes de l'environnement, la sensibilité des premiers aux secondes ou l'existence de mutations génétiques. C'est cette dimension empirique indéniable qui le fait osciller vers la quasi-tautologie (sans pour autant conclure). Mais pour autant, ce n'est pas cette dimension empirique qui est *in fine* testée lors de la recherche éventuelle de réfutations de la théorie, mais bien plutôt sa seule articulation logique dans un contexte donné. Il la qualifie de logique situationnelle :

« On peut dire que la méthode d'essai et d'élimination des erreurs qui dirige tout ce processus n'est pas une méthode empirique, mais qu'elle appartient plutôt à la *logique situationnelle*. Ce qui, de mon point de vue explique (peut-être un peu trop rapidement) les composantes logiques ou *a priori* du darwinisme⁴⁷² ».

Popper fait dériver ce concept de « logique des situations », des problèmes que peuvent se poser les historiens dans le cadre de leurs études sociohistoriques⁴⁷³ et qu'il emprunte, en partie, à Max Weber⁴⁷⁴. Face à une situation de problème donnée, un individu adopte une certaine façon d'agir, dont la rationalité ou l'irrationalité perçue par l'historien, sera fonction de l'analyse que nous faisons de la situation. Voici la définition qu'il en donne dans un autre

⁴⁷¹ POPPER Karl R., « Les deux visages du sens commun » (1970) in *La connaissance objective* (1972), *op.cit.*, p. 131.

⁴⁷² *Ibid.*, p. 132.

⁴⁷³ POPPER Karl R., *La société ouverte et ses ennemis, Tome 2 Hegel et Marx* (1945), trad. de Jacqueline Bernard et Philippe Monod, Paris, Editions du Seuil, 1979, p. 68 et *Misère de l'historicisme* (1956), *op.cit.*, p. 145.

⁴⁷⁴ « Le fait qu'un comportement (pensée ou acte) subjectivement significatif s'oriente en conformité, en opposition ou encore en une approximation plus ou moins grande avec un type de justesse, peut être du point de vue de certains buts (non tous) de la recherche en sociologie et en historiographie une question extrêmement importante, par suite des rapports aux valeurs [*Wertbeziehungen*] dominants. (...) Il s'agit d'un fait qui exige que dans chaque cas on approfondisse les conditions préalables historiquement concrètes et sociologiquement typiques jusqu'au point où l'on croit avoir expliqué compréhensivement et *de ce fait* au moyen de la catégorie de la « causalité significativement adéquate » la proportion d'identité, d'écart ou d'approximation du déroulement empirique par rapport au type de justesse. WEBER Max, *Essai sur la théorie de la science* (1913), troisième essai, traduit de l'Allemand et introduit par Julien Freund, Paris, Librairie Plon, 1965, p.11 et 12.

article de *La connaissance objective*, qui porte sur l'objectivité de sa thèse du troisième monde :

« Par analyse [ou logique] situationnelle, j'entends un certain type d'explication conjecturale, ou à l'essai, d'une certaine action humaine, qui fait appel à la situation dans laquelle se trouve l'agent lui-même. Il peut s'agir d'une explication historique : nous désirons peut-être expliquer comment et pourquoi une certaine structure d'idées fut créée⁴⁷⁵ ».

Le biologiste de l'évolution se trouve donc être dans la même position que l'historien, c'est-à-dire qu'il élabore une explication conjecturale, dans le cadre d'une situation donnée, permettant de rendre compte d'un ensemble de phénomènes observés. Ainsi :

« La théorie de la sélection naturelle est une théorie *historique* : elle construit une *situation* et elle montre que, étant donné cette situation, ces choses dont nous aimerions expliquer l'existence avaient vraiment des chances de se produire. Pour être plus précis, la théorie de Darwin est une explication historique *généralisée*. Cela veut dire qu'on suppose que la situation n'est pas *unique*, mais *typique*. Il devient donc possible de construire dans certains cas un modèle simplifié de la situation⁴⁷⁶ » (commentaires ci-après).

Notre réflexion des positions poppériennes se déroulera en deux mouvements. Le premier concerne la formule de Spencer de « survie des plus aptes » pour laquelle on se pose la question de sa réelle tautologie ainsi que de sa légitimité à remplacer⁴⁷⁷ celle, darwinienne, de « sélection naturelle ». Puis nous discuterons de la façon dont Popper interprète la théorie darwinienne à la lueur de son concept de « logique situationnelle ».

Concernant la « survie des plus aptes », tout d'abord en dehors de toutes considérations historiques, il s'agit de savoir si l'aptitude apporte une information supplémentaire à la survie, car si l'aptitude se définit par la seule survie, alors l'expression se trouverait être tautologique comme le soutient Popper. Pour Alexander Rosenberg, la solution devrait venir des biologistes eux-mêmes qui sont dans l'alternative, soit de fournir une explication non circulaire de la signification des termes clés de la théorie évolutionniste, soit

⁴⁷⁵ POPPER Karl R., « Sur la théorie de l'esprit objectif » (1961) in *La connaissance objective* (1972), *op.cit.*, p. 278.

⁴⁷⁶ POPPER Karl R., « L'évolution et l'arbre de la connaissance » (1961) in *La connaissance objective* (1972), *op.cit.*, p. 403, 404.

⁴⁷⁷ C'est en 1864, dans ses *Principles of biology*, que Spencer proposa de rebaptiser le concept darwinien.

de renoncer à son pouvoir explicatif⁴⁷⁸. Il nous semble que l'aptitude est la traduction d'une capacité, à rechercher au-delà de la simple survie qui en représente la seule conséquence. L'aptitude fait référence à des qualités particulières que l'on pourrait éventuellement qualifier de bonnes comme l'indique son origine étymologique (lat. *aptus*, au sens de « bien joint »). Ces bonnes qualités s'opposent alors à des états moins bons ou mauvais (sous-entendus vis à vis de conditions écologiques données). Dans le cadre d'une théorie biologique de l'évolution, ces qualités et états sont représentées par les caractères portés par les êtres vivants, telle une simple ou double circulation sanguine, un cœur à trois ou quatre cavités, ce qui peut conférer une base empirique indéniable à la formule de Spencer. L'aptitude apporte donc une information complémentaire qui permet de rendre compte de paramètres causalement responsables de la survie des êtres vivants et de leur descendance, et que donc la formule de Spencer contient plus qu'une simple tautologie comme le soutient Popper.

D'un point de vue historique, pour Spencer, « la survie des plus aptes » doit être comprise comme une « vérité certaine *a priori*⁴⁷⁹ ». D'une certaine façon, Spencer phagocyte le concept darwinien dans sa philosophie générale et tout particulièrement son principe de « ségrégation » ou de « triage ». Ce principe général s'applique à tout élément de l'univers (atomes, corps soumis à la gravitation, astres, membres d'une communauté etc.) susceptible d'être conservé ou éliminé sous l'action d'un « champ de forces »⁴⁸⁰. La sélection naturelle darwinienne ne représentait donc qu'une illustration éloquente de son grand principe. Posée *a priori*, on remarque que la formule de Spencer dénature fortement le concept de sélection naturelle qu'il assimile. Car contrairement au philosophe, Darwin construit le concept de sélection naturelle à partir des études qu'il poursuit, directement des milieux naturels (comme ses célèbres observations des fossiles de mammifères du Quaternaire argentin ou des pinsons

⁴⁷⁸ ROSENBERG Alexander, *The structure of Biological Science*, Cambridge, Cambridge University Press, "The charge of tautology", 1985, p. 129.

⁴⁷⁹ SPENCER Herbert, *Principles of biology* (1864), cité par GAYON Jean, *Darwin et l'après-Darwin : une histoire de l'hypothèse de la sélection naturelle*, op.cit., p. 68.

⁴⁸⁰ *Ibid.*

des îles Galápagos⁴⁸¹), des croisements domestiques, de l'abondante littérature scientifique, zootechnique et horticole qu'il a parcourue, et évidemment des très importantes généralisations empiriques⁴⁸² qu'il élabore. Il n'est pas inutile de les rappeler ici (d'après Jean Gayon⁴⁸³) : 1) Principe malthusien : discordance entre le taux de multiplication des organismes et la limitation des subsistances (principe de « lutte pour l'existence »). 2) Existence de variations correspondant à des différences individuelles au sein d'une espèce pour un trait donné. 3) Variabilité des chances de survie et de reproduction des individus en fonction des différences qu'ils présentent. 4) Héritabilité des variations ou différences individuelles.

On remarque donc que la simplicité apparente de l'hypothèse de « sélection naturelle » cache des conditions très précises et très « restrictives⁴⁸⁴ » qui lui assurent ou plutôt lui assureront une réelle testabilité empirique. Car si ces conditions s'appuyaient en 1859 sur des faits physiologiquement très mystérieux et des systèmes biologiques inconnus, elles devinrent, grâce aux développements théoriques des décennies suivantes (traitement mathématique par la biométrie, théorie de l'hérédité), progressivement accessibles aux tests empiriques⁴⁸⁵.

De plus, comme l'analyse Jean Gayon dans sa réflexion relative à l'« ontologie de la sélection », « le principe de "survie des plus aptes" repose sur une ellipse remarquable qui

⁴⁸¹ Lors de son voyage sur le *Beagle* de 1831 à 1836.

⁴⁸² Nous suivons ici l'analyse qu'en a faite Jean Gayon (1992), sachant que le paradigme darwinien a entraîné, suivant les auteurs, des découpages théoriques aux statuts épistémologiques différents. Ernst Mayr, par exemple, rejette l'idée d'une unique théorie, préférant y voir cinq théories distinctes (1985). Au sein de « la théorie de la sélection naturelle », Mayr identifie même « un petit ensemble de théories » correspondant *grosso modo* aux généralisations en questions (MAYR Ernst, *Après Darwin, la biologie une science pas comme les autres* (2004), trad. A. Partaix et N. Chevassus-au-Louis, Dunod, 2006, p.101). Ce choix va cependant à l'encontre de la position même de Darwin et de l'idée de théorie généralement acceptée en philosophie (voir III.C).

⁴⁸³ GAYON Jean, « Actualité du darwinisme » in *Bulletin de la Société Française de Philosophie*, 103^e année, n°4, Octobre-Décembre 2009, pp. 24 et 25.

⁴⁸⁴ *Ibid.*, p. 25.

⁴⁸⁵ Comme l'a montré avec force Jean Gayon dans son ouvrage *Darwin et l'après-Darwin : une histoire de l'hypothèse de la sélection naturelle* (1992).

consiste à faire abstraction de toute référence à quelque entité biologique que ce soit⁴⁸⁶ ». L'absence de toute référence en termes d'organismes individuels, de races ou d'espèces cantonne l'aphorisme de Spencer dans un domaine abstrait proche d'une simple formule logique. Ainsi compris il n'est pas loin d'être tautologique contrairement au concept darwinien de sélection naturelle. Cette dernière est une sélection de variations portées par l'*individu*, dont les avantages se concrétisent par le succès à laisser une progéniture viable. On peut donc reprocher à Popper de n'avoir pas su faire la différence entre la formule de Spencer, il est vraie introduite par Darwin à partir de 1869⁴⁸⁷, et celle de Darwin. Nous concluons ce premier mouvement sur ces mots de Jean Gayon :

« Tout l'intérêt de l'hypothèse darwinienne est en réalité dans les limites étroites, et parfaitement explicites, qui lui donnent un *sens empirique*, et interdisent d'y voir une morne évidence qui s'appliquerait indifféremment à tous les niveaux d'organisation⁴⁸⁸ ».

Si le qualificatif de tautologique ou quasi-tautologique est du ressort du Popper logicien, l'autre regard porté sur la théorie darwinienne de l'évolution, comme nous l'avons présenté, est celui du philosophe politique et du sociologue. Par comparaison avec les thèses historicistes du marxisme, le caractère fondamentalement historique de la théorie darwinienne est mis en avant. De la même façon qu'il y a la place pour une analyse de la logique des situations historiques qui gouvernent le comportement des hommes, il est possible, parce qu'il existe un cadre particulier, de comprendre la sélection naturelle comme une certaine logique situationnelle. Si la position poppérienne dénonçant la tautologie a fait grand bruit, cette thèse, beaucoup plus intéressante, est restée assez confidentielle. Précisons-en la démarche et les enjeux.

⁴⁸⁶ GAYON Jean, *Darwin et l'après-Darwin : une histoire de l'hypothèse de la sélection naturelle*, chap. 2, *op.cit.*, p.68.

⁴⁸⁷ Bien que Darwin n'ait eu, en privée, qu'une piètre opinion de Spencer, il accepta, peut-être pour les mêmes raisons évoquées précédemment, d'utiliser occasionnellement la formule de son épigone.

⁴⁸⁸ GAYON Jean, *Darwin et l'après-Darwin : une histoire de l'hypothèse de la sélection naturelle*, *op.cit.*, p.71, (nous soulignons).

La logique situationnelle de la théorie de l'évolution dérive de deux constats : i) il ne s'agit pas d'une logique telle que l'on peut la rencontrer en sciences physiques, mais donc d'une logique dite situationnelle, ii) elle n'est pas empirique, au sens où elle ne peut être testée par le critère poppérien.

i) Le terme de logique ne doit pas ici nous abuser (d'ailleurs Popper parle aussi d'analyse), il ne renvoie pas à une quelconque relation logique comme celle d'un *modus tollens*, mais fait plutôt référence à la notion de nécessité logique⁴⁸⁹ comme le montre cet extrait : « Il n'y a absolument rien dans la logique qui explique l'existence dans l'univers des conditions qui rendent possibles la vie et sa lente adaptation à l'environnement (...) »⁴⁹⁰. La théorie de la sélection naturelle n'obéit pas à la même nécessité logique que celle des lois physiques, c'est-à-dire, au sens où les choses observées devraient être ainsi. Si la trajectoire de la Terre relève d'une nécessité liée aux lois de l'attraction universelle et de la dynamique, il n'y a rien dans l'observation des structures et des fonctions des organismes vivants qui nous autorise à affirmer une quelconque nécessité d'existence particulière. Par exemple, la sélection naturelle ne peut pas plus expliquer l'existence de l'organisation tripartite (stylopode, zeugopode, autopode) du membre chiridien des vertébrés que celle du membre articulé octopartite des arthropodes (coxa, trochanter, fémur, patella, tibia, tarse, ischium, dactylus) qui réalisent la même fonctionnalité⁴⁹¹. Ces structures sont la résultante d'une série de causes singulières dont on pourrait difficilement affirmer une quelconque nécessité nomologique.

⁴⁸⁹ On peut faire la même analyse du titre de l'ouvrage de *La logique de la découverte scientifique*, qui doit être compris avant tout comme l'existence d'une nécessité normative logique de la recherche scientifique.

⁴⁹⁰ POPPER Karl R., « Les deux visages du sens commun » (1970) in *La connaissance objective* (1972), *op.cit.*, p. 131. Et aussi : « Ni Darwin ni aucun darwinien n'a jusqu'à présent donné une explication causale effective de l'évolution adaptative d'un seul organisme ni d'un seul organe. Tout ce qu'on a montré – et c'est déjà beaucoup –, c'est que de telles explications pourraient exister, autrement dit, qu'elles sont logiquement possibles ». *La quête inachevée* (1974), *op.cit.*, p. 243 (orthographe modifiée).

⁴⁹¹ En revanche la théorie de la sélection naturelle explique les similitudes observées dans les différents taxons par l'ascendance commune. Concernant les exemples cités, l'homologie structurale du membre chiridien est très largement reconnue alors que celle des arthropodes est débattue par les spécialistes.

ii) Il découle des considérations précédentes que la théorie de la sélection naturelle ne possède pas le caractère d'universalité spatio-temporelle (valable de tout temps et en tout lieu) de la loi, qui est, selon Popper, la condition première *sine qua non* de la scientificité. Il n'existe pas de relations causales invariables qui permettraient de dégager un ensemble d'énoncés de base falsificateurs de la théorie, puisque toutes les causalités restent dans le domaine de la singularité. En absence de test potentiel possible et répétable, la théorie darwinienne ne peut être qualifiée d'empirique et prend la forme d'une quasi-tautologie.

Bien que Popper construise son raisonnement sur des *a priori* de scientificité discutables, reconnaissons que sa perception de l'originalité de la situation épistémologique (comparativement au standard physicaliste) de la théorie de la sélection naturelle est assez pertinente, même si elle demeure à ses yeux une « sous-théorie ». L'identification du caractère historique de la thèse darwinienne associée à celle d'un objectif éminemment théorique lui permet de construire le concept de « théorie *historique* » qui s'oppose aux conceptions physicalistes des épigones darwiniens. Popper dresse un cadre particulier qui contient un certain nombre de conditions physicochimiques et biologiques et qui constituent une situation particulière permettant l'opérabilité de la théorie (que l'on résume généralement par l'expression de clauses *ceteris paribus*, voir partie III.C.3). Etant donnée l'existence préalable de ce cadre, tous les phénomènes observés obéissent à la théorie. Popper, dans *La quête inachevée* (1974) prend en exemple le cadre initial « rendant possible la vie, ou plus exactement, l'existence de corps capables de s'autoreproduire et cependant susceptibles de varier⁴⁹² ». Dans cette situation donnée la théorie est applicable et, comme il le concède, « devient presque logiquement nécessaire⁴⁹³ ». Cette quasi nécessité logique de la théorie, renvoie au caractère « *typique* », et non pas *unique*, de la situation.

⁴⁹² POPPER Karl R., *La quête inachevée* (1974), *op.cit.*, p. 242.

⁴⁹³ *Ibid.* De même il écrit dans *Misère de l'historicisme* : « Il y a place pour une analyse plus détaillée de la logique des situations que les meilleurs historiens ont souvent utilisée plus ou moins inconsciemment – par

« Dans la mesure où nous nous intéressons à l'explication historique d'évènements typiques, ceux-ci doivent nécessairement être traités comme typiques, comme appartenant à des genres ou des classes d'évènements. Car ce n'est qu'alors seulement que la méthode déductive d'explication causale est applicable⁴⁹⁴ ».

Alors que la théorie est identifiée comme « *historique* » et l'hypothèse évolutionniste comme énoncé singulier (donc unique), on retrouve cependant un invariant ayant une certaine valeur nomothétique puisqu'il est du ressort d'une « explication historique *généralisée*⁴⁹⁵ ». Cette valeur nomothétique se retrouve aussi dans la construction d'un « modèle⁴⁹⁶ ». Or le modèle (lat. *modulus*, mesure), par sa conceptualisation d'une situation représentative, permet la répétabilité, autorise les énoncés contrefactuels (propriété associée à la loi), et abandonne le caractère historique des processus. S'il n'existe pas de modèle(s) scientifique(s) de l'histoire humaine qui serait toujours typique d'une situation donnée, par exemple permettant de modéliser une guerre civile, en revanche la sélection naturelle représente un modèle scientifique explicatif des différences en valeur adaptative (*fitness*) des organismes. Alors que le cadre de « fonctionnement » de la sélection naturelle demeure contingent, son opérabilité pour un cadre donné est cependant nécessaire. On n'est pas loin ici, des standards épistémologiques classiques de la loi en termes de nécessité et d'obligation. Cette position originale de la théorie de la sélection naturelle au sein de la biologie a été soulevée. Alexander Rosenberg, s'inscrivant pourtant dans la lignée des auteurs qui nient l'existence de lois en biologie⁴⁹⁷, tels classiquement John Jameson Carswell Smart (1963) ou John Beatty (1995), considère que la théorie de la sélection naturelle telle que l'a axiomatisée Mary Williams (1970) est la seule authentique loi de la biologie⁴⁹⁸, « ses principes généraux fonctionnent sans

exemple Tolstoï, lorsqu'il explique comment ce ne fut pas une décision mais une « *nécessité* » qui détermina l'armée russe à abandonner sans combat et à se retirer (...) » (nous soulignons). *Op.cit.*, p. 187.

⁴⁹⁴ POPPER Karl R., *Misère de l'historicisme*, *op.cit.*, p. 184.

⁴⁹⁵ POPPER Karl R., « L'évolution et l'arbre de la connaissance » (1961) in *La connaissance objective* (1972), *op.cit.*, p. 404.

⁴⁹⁶ *Ibid.*

⁴⁹⁷ Voir partie III.C.3.

⁴⁹⁸ ROSENBERG Alexander, *Instrumental Biology or the Disunity of Science*. Chicago: University of Chicago Press, 1994, pp. 116-117.

exceptions partout où les processus de réplifications et leurs véhicules apparaissent⁴⁹⁹ ». La composante nomologique de la sélection naturelle ainsi axiomatisée s’opposerait au caractère fondamentalement contingent de l’évolution biologique et à la réalisation multiple des propriétés fonctionnelles des êtres vivants⁵⁰⁰ qui « surviennent » (propriété de *supervenience*) sur les propriétés physicochimiques⁵⁰¹. Cette généralité de la sélection naturelle a été aussi avancée par Popper :

« Même dans une situation où la vie est absente, la sélection darwinienne peut avoir une certaine application : les noyaux atomiques qui sont relativement stables (dans la situation en question) tendront à être plus abondants que ceux qui ne sont pas stables ; la même chose peut être valable pour des composés chimiques⁵⁰² ».

Popper étend l’applicabilité du principe darwinien à des domaines étrangers à la vie, ce qui lui confère une opérabilité beaucoup plus étendue (ou même universelle) et permet de s’affranchir du caractère typiquement historique des phénomènes évolutifs biologiques. La généralisation de la sélection naturelle a d’ailleurs été aussi proposée par d’autres biologistes ou philosophes qui « insèrent l’action de la sélection naturelle dans une vision cosmique de l’évolution⁵⁰³ », tel Theodosius Dobzhansky (1900-1975), Bernhard Rensch (1900-1990) et Richard Lewontin. Ce dernier met en avant sa haute applicabilité dans tout système présentant des propriétés précises telles la variation, la réplification différentielle et l’héritabilité⁵⁰⁴. Plus précisément, pour Elliott Sober le principe de sélection naturelle aurait plutôt le statut de ce

⁴⁹⁹ (“its general principles operate exceptionlessly everywhere replicators and their vehicles appear”- je traduis). ROSENBERG Alexander, “Reductionism in a historical science”. *Philos Sci* 68:135–163, 2001, p. 148.

⁵⁰⁰ Pour reprendre les exemples précédents, il y a plusieurs façon de réaliser la locomotion des animaux squelettiques, comme le membre chiridien des vertébrés (à squelette interne) ou le membre articulé octopartite des arthropodes (à squelette externe).

⁵⁰¹ Notons aussi qu’il existe parallèlement de nombreuses tentatives, généralement de la part de physiciens, dont les pionniers furent Ronald Alymer Fisher (1930) et Sewall Wright (1932) pour mathématiser le principe darwinien de sélection naturelle en « théorème de la sélection naturelle ». Pour P. Ao (2005), ce dernier se condense dans la formule stochastique dynamique suivante, qui nous laisse assez perplexe, notamment dans sa capacité à rendre compte de la complexité du phénomène : $[A(\mathbf{q}) + T(\mathbf{q})]\dot{\mathbf{q}} = \nabla\psi(\mathbf{q}) + \xi(\mathbf{q}, t)$.

⁵⁰² POPPER Karl R., *La quête inachevée* (1974), *op.cit.*, p. 242.

⁵⁰³ DELISLE Richard, “La sélection naturelle à l’échelle cosmique” in *La recherche, L’héritage de Darwin*, n°33, 2008, p. 66.

⁵⁰⁴ LEWONTIN Richard C, « Units of selection », *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1, 1970, p. 1-18.

que les physiciens nomment une « loi-conséquence⁵⁰⁵ », comme le principe général de la dynamique ($F = m.a$) qui s'oppose à la loi source décrivant le mode d'action de la force gravitationnelle⁵⁰⁶. Ainsi, Jean Gayon entrevoit la possibilité pour le principe de la sélection naturelle, en fonctionnant à l'image des « lois-conséquences » des physiciens et en agissant donc comme une « force *résultante*⁵⁰⁷ », de régir « la dynamique » de productions des systèmes biologiques à l'échelle de l'histoire générale de la vie : « le principe de sélection naturelle est ainsi, peut-être, a ainsi la curieuse propriété d'être, peut-être, l'unique schématisation des sciences biologiques qui a un caractère nomologique⁵⁰⁸ ». On n'est pas loin ici de l'appellation de « loi de la sélection naturelle » comme le présente parfois Darwin en parlant de son hypothèse, sans pour autant considérer l'apparition de la vie, selon la formule de Christian de Duve, comme un « impératif cosmique⁵⁰⁹ ».

Malgré une conception assez rigide des énoncés scientifiques, la double approche par Popper de l'évolution biologique, déductive-nomologique mais aussi historiciste, lui a donc permis d'élaborer des concepts originaux qui sont toujours d'actualité. On peut cependant regretter, que comme souvent, c'est le logicien au final qui l'emporte : « De fait, c'est sans doute à sa forte ressemblance avec la logique situationnelle qu'est dû son grand succès [du darwinisme], malgré le caractère presque tautologique de sa formulation (...)»⁵¹⁰.

⁵⁰⁵ SOBER Elliott, *The Nature of Selection : Evolutionary Theory in Philosophical Focus*, The MIT Press, Cambridge, 1985.

⁵⁰⁶ Les « lois-conséquences » et « lois-sources » appartiennent à deux niveaux différents de description des phénomènes pour un domaine théorique donné et sont reliées par la propriété de survenance (*supervenience*). Sans que l'on puisse identifier ici une loi-source, la sélection naturelle est en position de survenance (et agit comme une dynamique) vis-à-vis du cadre biologique et physicochimique existant. Voir SOBER Elliott (ci-dessus) et GAYON Jean, « De la biologie comme science historique » in *Sens Public* : <http://www.sens-public.org/spip.php?article32>, 2007, note 23.

⁵⁰⁷ GAYON Jean, *Darwin et l'après-Darwin : une histoire de l'hypothèse de la sélection naturelle*, op.cit., p. 420.

⁵⁰⁸ *Ibid.*, p. 10 et 11.

⁵⁰⁹ DE DUVE Christian, *Vital Dust: Life As a Cosmic Imperative*, BasicBooks, New-York, 1995.

⁵¹⁰ POPPER Karl R., *La quête inachevée* (1974), op.cit., p. 243.

3. La prédictibilité de la théorie darwinienne

C'est dans *La quête inachevée* (1974) que le problème de la prédictibilité de la théorie darwinienne est directement posé. Popper y présente la théorie de l'évolution darwinienne de façon beaucoup plus structurée. Elle serait constituée de deux principaux postulats dont le premier peut être rapproché de l'hypothèse évolutionniste (1) de *Misère de l'historicisme* mais pour laquelle toute référence explicative a été éliminée⁵¹¹ et le second de la théorie de l'évolution (2) *sensu stricto* qui explique le premier. Cette dernière est formée elle-même de quatre hypothèses : l'hypothèse de l'hérédité *a*, l'hypothèse de la variation *b*, l'hypothèse de la sélection naturelle *c* et l'hypothèse de la variabilité (que Popper définit comme l'étendu possible de la variation) *d*. Remarquons qu'ainsi présenté, le principe de la sélection naturelle est dissocié des conditions de son opérabilité que nous avons précisées dans la section précédente, ce qui le rapproche de l'énoncé quasi-tautologique de Spencer. Le statut de la théorie darwinienne est présenté comme programme métaphysique de recherche : « Je suis arrivé à la conclusion que le darwinisme n'est pas une théorie scientifique testable, mais un programme métaphysique de recherche - un cadre possible pour des théories scientifiques testables⁵¹² ». C'est un programme métaphysique qui ne peut être testé parce que non prédictif : « le darwinisme ne *prédit* pas véritablement l'évolution de la variabilité des espèces. C'est pourquoi il ne peut véritablement l'*expliquer*⁵¹³ ». L'absence de scientificité est associée à l'absence de prédictibilité. Comme souvent, Popper prend comme référence comparative les prédictions astronomiques telles les éclipses : « Alors qu'il est possible d'expliquer une éclipse précise en la prédisant, il est impossible d'expliquer au niveau de

⁵¹¹ « La grande variété des formes de vie, sur terre, provient d'un nombre restreint de formes, peut-être même d'un seul organisme : il existe un arbre de l'évolution, une histoire de l'évolution ». *Ibid.*, p. 244. Quoique Popper n'en dise rien, on peut penser dans la continuité de *Misère de l'historicisme*, comme l'ont fait remarquer certains observateurs tel François Tournier (*op.cit.*), que Popper identifiait ce premier postulat à un énoncé historique singulier. Bien que toute référence explicative directe ait été éliminée de ce premier postulat, celui-ci contient une telle charge théorique implicite (second postulat) que l'on ne peut l'interpréter autrement que comme une théorie (voir *supra*).

⁵¹² *Ibid.*, p. 240.

⁵¹³ *Ibid.*, p. 245.

l'évolution ou de prédire tout changement précis⁵¹⁴ ». On perçoit ici ô combien l'appartenance d'une théorie à la science, pour Popper, est indissociable du modèle déductif nomologique⁵¹⁵ pour lequel « prédire c'est expliquer ». Le modèle D-N d'explication tient une place tellement hégémonique dans l'épistémologie poppérienne (et du XIXe siècle) qu'il a verrouillé toute autre possible scientificité. Comme il n'existe pas de relation causale permettant de prédire un changement précis, comme le ferait tout modèle D-N d'explication, la théorie de l'évolution n'est pas scientifique. Cependant, Popper concède deux points : (i) Elle demeure un cadre de recherche extraordinaire : « Bien qu'elle soit métaphysique, cette théorie éclaire énormément des recherches très concrètes et très pratiques⁵¹⁶ » ; (ii) Elle prédit la progressivité des formes : « la progressivité est donc la prédiction centrale de la théorie⁵¹⁷ ».

(i) Ce premier point signifie simplement qu'au sein du programme métaphysique de recherche, il existe un certain nombre de thèses, de théories, de lois (comme par exemple la loi d'Hardy-Wienberg) qui ont une assise empirique susceptible d'être testée (Popper donne en exemple l'adaptation bactérienne à la pénicilline) et donc pour lesquels le critère de démarcation a de bonnes raisons de s'avérer positif : « un cadre possible pour des théories scientifiques testables ». Donc les contenus du programme sont (au moins pour partie) scientifiques, alors que ce dernier demeure inexorablement métaphysique. Cette position est pour le moins paradoxale, d'autant plus que le programme métaphysique « éclaire énormément des recherches ». Comment un système tautologique ou quasi tautologique donc sans valeur empirique propre peut-il avoir une valeur d'éclaircissement ? Qu'est-ce qu'éclairer si ce n'est apporter la lumière donc tendre vers une explication ?

⁵¹⁴ *Ibid.*, p. 245. Il ajoute cependant : « (à l'exception peut-être de certains changements dans la population des gènes à l'intérieur d'une seule espèce) ».

⁵¹⁵ Que l'on peut considérer avoir été formalisé simultanément par Hempel et Popper (voir partie II.C.).

⁵¹⁶ *Ibid.*, p. 246.

⁵¹⁷ *Ibid.*, p. 247. Page 245, il est moins affirmatif : « [La théorie darwinienne] "prédit presque" une grande variété de formes de vie ».

(ii) Si la prédiction est imprécise en ce qui concerne l'apparition de caractères ou d'espèces mêmes, elle ne s'avère pas nulle comme pourrait le faire un système strictement tautologique. Ici Popper concède qu'il s'agit bien d'une explication qu'il qualifie, selon la terminologie de Hayek⁵¹⁸, « d'explication en principe » et précise que c'est « cependant très différent du type d'explication que l'on demande en physique⁵¹⁹ ». Popper reconnaît donc un certain pouvoir explicatif à la théorie darwinienne qui s'appuierait sur une capacité de prédiction cependant trop imprécise pour être réfutée comme pourrait l'être un système physique. Objectons cependant que seule une partie de la physique procède de ce type de prédiction : la physique dite déterministe. Des parties importantes de la physique contemporaine comme la physique quantique sont incapables d'effectuer des prédictions qui ne soient pas de nature probabilistes. Pourtant, il existe un très large consensus pour reconnaître l'autorité de ces travaux (d'ailleurs par Popper lui-même) qui ont souvent supplanté la physique déterministe.

Plus que par l'opérabilité du critère de démarcation, on voit bien que la qualification de la théorie de l'évolution par Popper est toujours guidée par sa volonté d'éliminer toute justification historiciste. La position fondamentale défendue est celle d'un anti-déterminisme historique : on ne peut scientifiquement, à partir de notre connaissance du passé, prédire aucune évolution future précise de la vie sur Terre comme des sociétés humaines parce qu'il n'existe pas plus de loi de l'évolution que de lois sociales prédictives. Ce faisant, il cantonne le critère de démarcation dans un registre strictement déductif-nomologique qui exclut de facto les démarches scientifiques qui ne relèvent pas du strict déterminisme. Pourtant, dès *La logique de la découverte scientifique*, lors de ses « observations relatives à la théorie quantique », Popper assouplit son critère et l'ouvre aux énoncés statistiques qui ne sont pourtant pas « de précision » afin, comme il se doit, de pouvoir intégrer la physique quantique à la science (voir partie II.A.4).

⁵¹⁸ HAYEK Friedrich August, *Essais de philosophie, de science politique et d'économie*, chap. premier, section 6, Routledge Press, 1967.

⁵¹⁹ POPPER Karl R., *La quête inachevée* (1974), *op.cit.*, p. 247.

Bien que Popper n'en dise rien, les prédictions statistiques ne sont pas du même ordre que les prédictions causales au sens où le critère de démarcation ne s'applique pas de façon identique. Ceci dit, concernant le problème qui nous intéresse ici, on peut donc avancer aussi en génétique évolutive comme en physique quantique des hypothèses réfutables relatives à des fréquences. La loi de Hardy-Weinberg ($p^2 + q^2 + 2pq = 1$) apporte des indications statistiques permettant de prédire l'évolution des populations. Cependant comme on le sait, les exceptions y sont nombreuses (sélections pré et post-zygotique, dépression de consanguinité, effet Wahlung), et l'évolution génétique reste totalement liée à des mécanismes aléatoires imprévisibles comme les mutations ou la dérive génétique. Cependant, en 1974, Popper ne reconnaît pas à la biologie évolutionniste la possibilité d'émettre des prévisions qui ne sont pas du ressort de l'énoncé de précision (donc inféodé au modèle D-N d'explication) ; il n'en sera plus de même en 1978.

Le revirement de 1978 débute par une déclaration générale qui tranche évidemment avec les positions précédentes de Popper :

« Les fondations mendéliennes du darwinisme moderne ont été bien testées, de même que la théorie de l'évolution qui affirme que toute vie terrestre a évolué à partir de quelques organismes primitifs unicellulaires, possiblement même d'un organisme unique⁵²⁰ ».

D'un point de vue logique (on peut évidemment rechercher d'autres causes comme sociologiques ou psychologiques...), il y a deux façons d'expliquer un revirement à 180°. Soit on considère qu'il y avait eu erreur dans la mise en œuvre de la réfutabilité et dans ce cas il s'agissait d'une « faute » méthodologique, soit le revirement est directement lié à un ajustement de la pensée de l'auteur pour « sauver la théorie ». Dans le premier cas, les caractéristiques du critère de démarcation ne sont pas remises en question contrairement au

⁵²⁰ (“*The Mendelian underpinning of modern Darwinism has been well tested, and so has the theory of evolution which says that all terrestrial life has evolved from a few primitive unicellular organisms, possibly even from one single organism.*” –je traduis-), POPPER Karl R., « Natural Selection and the Emergence of Mind » in *Dialectica*, Vol. 32, Fasc. 3-4, 1978, p. 344.

second. Très clairement Popper, et dans sa foulée la majorité des observateurs⁵²¹, optent pour la première explication. Après avoir rappelé comment il avait été influencé par les évolutionnistes eux-mêmes (voir *supra*) il reconnaît avoir « changé d'avis sur la testabilité et le statut logique de la théorie de la sélection naturelle ».

Quoique Popper passe ce changement sous silence, remarquons tout d'abord que le statut même de la théorie darwinienne a été modifié, ce qui n'est pas, selon nous, un hasard. Souvenons-nous que cette dernière était présentée dans *Misère de l'historicisme* comme une « hypothèse évolutionniste » ayant un statut d'énoncé historique singulier, prolongée par deux postulats hypothétiques distincts dans *La quête inachevée*, dont le premier pouvait être assimilé à « l'hypothèse évolutionniste » allégée des considérations théoriques explicatives formant le second postulat. Ici Popper est beaucoup moins loquace dans son commentaire. Il dissocie cependant la testabilité de la génétique mendélienne de celle de la théorie darwinienne de l'évolution définie comme une théorie de l'ascendance commune de la vie terrestre. La théorie de l'ascendance commune perd le caractère d'énoncé historique singulier irréproductible et non réfutable, et acquiert celui de théorie, conforme aux travaux de Darwin et à l'analyse que nous avons faite (ainsi que de la testabilité de la génétique mendélienne). Malheureusement ce changement de statut fondamental, modifiant la position de la ligne de partage de la scientificité n'est pas justifié ce qui en laisse l'interprétation très ouverte⁵²². Au

⁵²¹ Voir par exemple, TOURNIER François, « Un retournement dans la philosophie de K.R. Popper », *op.cit.*

⁵²² François Tournier, qui a étudié précisément le revirement de Popper, n'identifie aucun changement de statut et défend l'idée d'une « hypothèse évolutionniste » réfutable par son association avec un énoncé universel corroboré. Si la conjonction d'un énoncé existentiel avec un énoncé universel corroboré de façon indépendante est réfutée, il est possible alors, selon François Tournier, de prendre la décision méthodologique que cette réfutation soit de la responsabilité de l'énoncé existentiel. La démarche est des plus intéressantes, cependant la démonstration est entachée d'erreurs. Tout d'abord François Tournier a la mauvaise idée, selon nous, de choisir un exemple propre au paradigme newtonien dont le statut nomologique des lois n'est en rien comparable avec celui de la théorie darwinienne. L'énoncé « la lune est une planète » est mis en conjonction avec l'énoncé universel « toutes les planètes tournent en ellipse autour du soleil ». La conséquence logique du premier énoncé (« la lune tourne en ellipse autour du soleil ») est facilement réfutée par la (première) loi de Kepler. Pour François Tournier, l'énoncé existentiel, irréfutable individuellement, le devient alors méthodologiquement en conjonction avec l'énoncé universel. Cependant, contrairement à ce qu'affirme l'auteur, l'énoncé « la lune est une planète » n'est pas un énoncé existentiel logiquement irréfutable. La lune est un concept individuel et un nom propre au sens étymologique du terme, et à ce titre on pourrait écrire la « Lune » ; « planète » est un concept universel. Il s'agit d'un énoncé, certes existentiel mais non pas strict car restreint. Ce n'est pas parce que la

regard des modifications progressives opérées par Popper, nous proposons la double explication suivante : (1) Popper a été obligé de transférer la théorie darwinienne de la catégorie des énoncés singuliers à celle des théories scientifiques afin d'en justifier la réfutabilité, sans pour autant la qualifier d'énoncé universel. Ceci met d'ailleurs en évidence l'incomplétude des catégories d'énoncés développées par Popper dans *La logique de la découverte scientifique*, propres aux sciences physiques et donc inaptes à rendre compte des spécificités d'autres sciences comme la biologie évolutive ; (2) Le principe de sélection naturelle, auparavant isolé et considéré à la façon de Spencer comme *a priori*, lui conférant la propriété de quasi-tautologie est introduit dans un ensemble beaucoup plus vaste constitué de faits empiriques et d'un noyau théorique permettant sa testabilité. Pour Popper, bien que la théorie soit très difficilement testable, elle peut l'être effectivement ; il cite l'exemple classique et néanmoins actuellement controversé du mélanisme de la phalène du bouleau, *Biston betularia*.

La rétractation poppérienne s'accompagne donc d'un remaniement important des concepts à l'intérieur des catégories de *La logique de la découverte scientifique*, afin de pouvoir justifier de la testabilité de la théorie. Il ne s'agit donc pas ici de correction d'une éventuelle faute logique associée à la mise en œuvre du *modus tollens*. Cependant l'édifice reste bancal, car Popper n'a pas conscience que ce remaniement imposerait une nouvelle organisation catégorielle. Nous reviendrons sur ce problème; intéressons-nous maintenant à la façon dont Popper discute de l'aspect prédictif de la théorie de l'évolution.

référence spatio-temporelle n'est pas explicitement exprimée qu'elle n'existe pas. Parler de la lune comme objet unique entraîne *de facto* la restriction de l'énoncé existentiel. En d'autres termes, l'énoncé « la lune est une planète », contient la classe des énoncés homotypiques décrivant l'évènement en question. Logiquement, un énoncé existentiel strict serait de la forme « il y a une planète en orbite autour de la Terre ». Or un énoncé existentiel restreint est tout à fait réfutable (voir la partie II.C.2 et les explications correspondantes) ; connaissant les caractéristiques du concept universel planète, l'énoncé « la lune tourne en orbite autour de la Terre » le réfute sans aucunes discussions. TOURNIER François, « Un retournement dans la philosophie de K.R. Popper », *op.cit.*

Contre toute attente, la capacité de prédiction est associée à un phénomène totalement aléatoire, indépendant de la sélection naturelle : la dérive génétique. « Pour des populations suffisamment petites et isolées reproductivement, la théorie mendélienne des gènes et la théorie de la mutation et la recombinaison ensemble, suffisent à prédire, sans la sélection naturelle, ce qu'on a appelé la "dérive génétique"⁵²³ ». Il est intéressant de voir que Popper construit un raisonnement prédictif sur un mécanisme, la dérive génétique, qui est causé par des phénomènes aléatoires et imprévisibles, comme les hasards des brassages génétiques de la méiose et de la rencontre des gamètes. La dérive génétique, contrairement à la loi de Hardy-Weinberg, ne peut faire aucunes prédictions précises (par exemple sur l'apparition de phénotypes donnés), parce que, statistiquement, dans le cas d'une petite population, certains allèles sont inévitablement perdus au cours des générations. Par contre il est possible de prévoir, très généralement, une diminution de la variabilité génétique. On s'aperçoit que Popper formule dans ce texte, un net assouplissement de son critère qui consiste ici à accepter des prévisions très générales alors que l'impératif prédictif énoncé dès *La logique de la découverte scientifique* et jusqu'en 1974 (voir *supra*), exigeait des « prédictions précises » caractéristiques des théories physiques classiques. Donc, *primo*, notre thèse de l'ajustement, de l'assouplissement du critère de démarcation dans l'objectif de « sauver la théorie » se trouve renforcée. *Secundo*, cet ajustement fondamental met en relief combien, loin d'un type de prédiction unique qui serait lié à l'opérabilité du modèle D-N d'explication, il existerait plutôt plusieurs types, plusieurs niveaux prédictifs⁵²⁴ en science ; en d'autres termes il ouvre la porte à la mise en place d'un critère de démarcation moins exclusif.

⁵²³ ("For sufficiently small and reproductively isolated populations, the Mendelian theory of genes and the theory of mutation and recombination together suffice to predict, without natural selection, what has been called "genetic drift" –je traduis-), POPPER Karl R., « Natural Selection and the Emergence of Mind » (1978), *op.cit.*, p. 345.

⁵²⁴ Voir notre partie II.C.3.

Etudions maintenant l'argument central de l'article de 1978 justifiant de la testabilité et de la scientificité nouvelles de la théorie de l'évolution. Popper en isole la sélection naturelle et déclare que :

« Dans sa forme la plus audacieuse et radicale, la théorie de la sélection naturelle consiste à affirmer que tous les organismes, et particulièrement tous ces organes très complexes dont l'existence pourrait être interprétée comme une preuve du dessein et de plus toutes les formes de comportement animal, ont évolué à la suite de la sélection naturelle ; c'est comme le résultat du hasard, comme des variations héréditaires, dont les inutiles sont éliminées, de sorte que seuls ceux qui restent sont utiles. *Lorsqu'elle est formulée de cette façon, la théorie est non seulement réfutable, mais en réalité réfutée.* Car ce ne sont pas tous les organes qui jouent un rôle utile: comme Darwin lui-même l'a souligné, il existe des organes comme la queue du paon, et des programmes comportementaux semblables à celui de la queue du paon, qui ne peuvent être expliqués par leur utilité, et donc pas par la sélection naturelle. Darwin l'a expliqué par la préférence de l'autre sexe, c'est à dire par la sélection sexuelle. Bien sûr, on peut contourner cette réfutation par une manœuvre verbale : on peut contourner toute réfutation de toute théorie. Mais alors on n'est pas loin de rendre la théorie tautologique. Il semble de loin préférable d'admettre que tout ce qui évolue est utile, mais il est étonnant de voir combien de choses le sont ; et en conjecturant quel est l'utilité d'un organe ou d'un programme comportemental, on conjecture une explication possible par la sélection naturelle : pourquoi l'organe a évolué de cette façon, et peut-être même comment il a évolué. En d'autres termes, il me semble que, comme de nombreuses théories de la biologie, *l'évolution par la sélection naturelle n'est pas strictement universelle*, bien qu'elle semble tenir pour un grand nombre de cas importants⁵²⁵ ».

Un nombre non négligeable de données empiriques réfutent directement la théorie de la sélection naturelle parce qu'elles montrent que la conservation de certains caractères héréditaires est indépendante de la conservation des phénotypes les plus adaptés aux conditions du milieu. Popper cite le cas de la sélection sexuelle étudiée par Darwin lui-même, que l'on peut aussi compléter par certains arguments de Motoo Kimura, père de la théorie neutraliste de l'évolution. Outre les mutations génétiques dites silencieuses (relatives à la

⁵²⁵ (“*In its most daring and sweeping form, the theory of natural selection would assert that all organisms, and especially all those highly complex organs whose existence might be interpreted as evidence of design and, in addition, all forms of animal behaviour, have evolved as the result of natural selection; that is, as the result of chance-like inheritable variations, of which the useless ones are weeded out, so that only the useful ones remain. If formulated in this sweeping way, the theory is not only refutable, but actually refuted. For not all organs serve a useful purpose: as Darwin himself points out, there are organs like the tail of the peacock, and behavioural programmes like the peacock's display of his tail, which cannot be explained by their utility, and therefore not by natural selection. Darwin explained them by the preference of the other sex, that is, by sexual selection. Of course one can get round this refutation by some verbal manoeuvre: one can get round any refutation of any theory. But then one gets near to rendering the theory tautological. It seems far preferable to admit that not everything that evolves is useful, though it is astonishing how many things are; and that in conjecturing what is the use of an organ or a behavioural programme, we conjecture a possible explanation by natural selection: of why it evolved in the way it has, and perhaps even of how it evolved. In other words, it seems to me that like so many theories in biology, evolution by natural selection is not strictly universal, though it seems to hold for a vast number of important cases*” - je traduis et je souligne -), POPPER Karl R., « Natural Selection and the Emergence of Mind » (1978), *op.cit.*, p. 344.

redondance du code génétique), de nombreuses mutations génétiques modifient des portions moléculaires protéiques secondaires qui n'affectent pas leur fonctionnalité et donc ne changent pas l'adaptabilité de l'organisme à son milieu de vie.

La lecture de cet extrait appelle quatre réflexions. Premièrement, notons que de nombreuses thèses épistémologiques avancées dans notre première partie se trouvent confirmées par cette nouvelle prise de position poppérienne. Rappelons, s'il était encore nécessaire (voir partie I.A.2), que c'est bien la réfutabilité et non la réfutation qui constitue le critère de démarcation poppérien : « La théorie est non seulement réfutable, mais en réalité réfutée ». Si la résistance empirique au test était le premier critère de scientificité, comme le soutiennent certains observateurs, Popper ne pourrait opérer aucun retournement dans sa position vis-à-vis de la théorie de l'évolution. Il importe donc avant toute chose que la théorie soit réfutable. Dans la même perspective on remarque aussi qu'une théorie réfutée ne perd pas son caractère scientifique ; la scientificité de la théorie de la sélection naturelle n'est pas remise en question par sa réfutation empirique (voir I.C.5).

Deuxièmement, dans cet extrait Popper insiste sur l'absence d'universalité de la théorie de l'évolution par la sélection naturelle. Ce qui ne l'empêche pas de la considérer comme testable : « Elle est non seulement testable, mais elle s'avère ne pas être strictement universellement vrai⁵²⁶ ». Mais en absence d'universalité, il ne pourra s'agir en aucun cas d'un système déductif-nomologique permettant une application stricte du critère de démarcation. Il existe des cas où l'ensemble des énoncés de base falsificateurs virtuels de la théorie est vide (par exemple justement à cause de la dérive génétique). De nouveau, ce qui est remis en question ici c'est bien le statut universel de la théorie scientifique et par là le modèle D-N d'explication, pilier de base de la méthodologie falsificatrice. Nous sommes assez loin ici des impératifs fondamentaux de la *Logique de la découverte scientifique* qui

⁵²⁶ POPPER Karl R., ("it is not only testable, but it turns out to be not strictly universally true;"- je traduis -), « Natural Selection and the Emergence of Mind » (1978), *op.cit.*, p. 346.

associaient hypothèse scientifique et universalité⁵²⁷ et explication causale et lois universelles^{528, 529}.

Troisièmement, en fondant la valeur de la théorie de la sélection naturelle sur sa seule scientificité, Popper en oublie l'importance des conséquences des réquisits matériels (voir partie I.C.1). En effet, si l'appartenance de la théorie au corpus scientifique n'est pas remise en question, il n'en est pas de même en ce qui concerne ce que nous avons appelé sa validité épistémique. Car l'orthodoxie poppérienne exige du savant qu'il recherche, sans relâche, à corroborer les théories afin de construire « 'la science' de l'époque considérée⁵³⁰ ». Nous avons discuté et conclu sans équivoque, du problème de la preuve empirique d'une possible fausseté d'une théorie selon Popper (voir notamment en I.C.1). En toute rigueur la réfutation répétée et effective de la théorie de la sélection naturelle (et même partielle) devrait faire d'elle une théorie fautive, certes toujours scientifique, mais appartenant au passé au même titre que la théorie de l'atome de Rutherford (1911). Or Popper n'attribue nullement ce statut à la théorie de la sélection naturelle. Il reconnaît qu'« elle est non seulement testable, mais s'avère ne pas être strictement universellement vraie » et ajoute : « Il semble y avoir des exceptions, comme avec tant de théories biologiques⁵³¹ ». Après avoir assoupli les caractéristiques de prédictibilités inhérentes à une théorie, puis l'applicabilité du critère de démarcation aux seules théories universelles, Popper affaiblit ici son critère de corroboration. Car bien que la théorie de la sélection naturelle soit réfutée empiriquement par « des exceptions », pour autant, étant donnée « qu'elle semble tenir pour un grand nombre de cas importants⁵³² », elle constitue bien le corpus de la science du moment.

⁵²⁷ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., p. 62.

⁵²⁸ *Ibid.*, p. 57.

⁵²⁹ De même signalons que dans un tel cadre, la possibilité de réfuter l'hypothèse évolutionniste par conjonction avec un énoncé universel chère à François Tournier, se trouve être inopérante.

⁵³⁰ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique* (1963), op.cit., p. 10.

⁵³¹ POPPER Karl R., ("it is not only testable, but it turns out to be not strictly universally true. There seem to be exceptions, as with so many biological theories;"- je traduis-), « Natural Selection and the Emergence of Mind » (1978), op.cit., p. 346.

⁵³² ("it seems to hold for a vast number of important cases" -je traduis-), *ibid.*

Quatrièmement, qu'en est-il de la logique de situation ? Etant donné le nouveau statut de théorie scientifique prédictible et réfutable de la théorie de la sélection naturelle, ce concept, emprunté à la sociologie, devient alors inutile pour expliquer « le grand succès de la théorie darwinienne ». Pourtant il ne nous semble pas caduc et représente, selon nous, le concept le plus fécond de l'étude critique poppérienne de l'évolution biologique capable de rendre assez bien compte, comme nous l'avons montré, des propriétés originales de la théorie darwinienne. Il reste donc à faire une place aux théories qui ne relèvent pas strictement de l'universalité spatiotemporelle, mais sont du ressort de la nécessité logique situationnelle.

Donc, à la question de savoir si le revirement spectaculaire de Popper en 1978 devait s'expliquer par une primo démarche erronée, une « faute » méthodologique vis-à-vis de la théorie de l'évolution ou plutôt à un ajustement de la pensée de l'auteur pour « sauver la théorie », nous concluons sans équivoque pour la seconde réponse. Confronté à l'usage que pouvaient faire les créationnistes de ses conclusions (comme lors du procès de l'Arkansas) et face à la pression des milieux scientifiques, Popper a choisi d'habiliter la théorie de l'évolution au sein du corpus scientifique et non plus à sa marge. Cette habilitation ne correspond pas à une correction logique, mais plutôt à un remaniement catégoriel associé à un ajustement du couple réfutabilité-réfutation afin d'accepter comme scientifique l'une des théories majeures de la biologie. Nous avons vu que cet ajustement consiste d'une part à assouplir le critère de démarcation, c'est-à-dire à le libérer de l'impératif logique déductif-nomologique propre à toute théorie universelle, et d'autre part à abandonner la principale conséquence logique de la réfutation (« falsificationnisme sophistiqué »). Cette étude de l'évolution des positions poppériennes vis-à-vis de la théorie de l'évolution met en exergue les limites du critère de démarcation originel construit à partir du paradigme de la physique classique (même si Popper l'a ouvert à la physique quantique) et de la binarité des énoncés (universels et singuliers). Un critère de démarcation originel en effet inapte à rendre compte

de la scientificité de certaines théories, notamment biologiques qui correspondraient plus à des « généralisations⁵³³ », selon le mot de François Jacob, qu'à de véritables lois. Concernant la réfutation empirique, la position de Popper doit être considérée comme un déni de sa propre démarche corroborative et montre l'incapacité de cette dernière à discriminer nettement les théories du *corpus des théories scientifiques*, de celles du *corpus des théories scientifiques corroborées* (voir partie I.B.4). D'ailleurs, cette étude illustre parfaitement notre conclusion « *Solum de mortuis* ». La théorie de la sélection naturelle est bel et bien, selon Popper, réfutée empiriquement (même par des « exceptions ») ; cependant en échappant à une réfutation ratée (car c'est ainsi que l'on caractérisera une corroboration réussie, voir partie III.B.4) on remarque qu'elle conserve non seulement toute sa scientificité, mais aussi tout son intérêt pour les acteurs de la communauté scientifique. Au sein de ce que Jean Gayon appelle fort justement « la science de l'évolution⁵³⁴ » (habituellement et significativement nommée théorie de l'évolution), la théorie de la sélection naturelle, quoique « réfutée » par un grand nombre de cas, occupe toujours une place de choix. Elle n'est pas perçue comme une théorie concurrente, par exemple de la dérive génétique, mais complémentaire permettant d'expliquer un ensemble beaucoup plus vaste de faits empiriques. C'est pourquoi, si la sélection naturelle peut être comprise comme « une force résultante » qui contrôlerait les propriétés du vivant, pour autant elle ne les déterminerait pas dans leur totalité. Une théorie en même temps réfutable et en partie réfutée peut donc représenter « la science de l'époque du moment ».

Bilan : critère de démarcation et théorie de l'évolution, marxisme et psychanalyse

Les travaux précédents mettent en évidence que la théorie de l'évolution, le marxisme et la psychanalyse, confrontés au critère de démarcation poppérien, sortent en partie blanchis

⁵³³ JACOB François, *La logique du vivant, une histoire de l'hérédité*, Gallimard, Paris, 1970, p. 21.

⁵³⁴ GAYON Jean, « Evolution et philosophie » in *Revue Philosophique*, n°3- Août 2004, p. 291 à 298.

des accusations de pseudosciences dictées par ce même critère. L'absence de réfutabilité de ces théories est davantage du ressort du « mythe poppérien » que de la réalité épistémologique. En effet il existe pour chacune de ces disciplines des énoncés qui sont clairement réfutables selon les méthodologies développées par Popper lui-même.

Pour autant, si la scientificité de la théorie de l'évolution n'est plus remise en question que de façon très marginale, ce qui devrait imposer le concept de « science de l'évolution », il n'en est pas de même pour le marxisme et surtout pour la psychanalyse. Les critiques contre la discipline fondée par Freud sont, de nos jours, toujours aussi virulentes. Il ne se passe pas une année sans qu'un essai contre la psychanalyse ne voie le jour. Signalons par exemple *Le livre noir de la psychanalyse* (2005), importante contribution collective signée par plus d'une quarantaine de spécialistes de toute nationalité et d'horizons très divers (philosophes, historiens, psychiatres). Etonnamment, le critère de démarcation défendue par Popper y est assez peu développé, seul Franck Cioffi y fait référence de façon conséquente. Il rappelle tout d'abord la principale conclusion de Grünbaum :

« Grünbaum a appliqué [la question de savoir si une hypothèse est testable et échappe de ce fait à l'accusation de pseudoscientificité] à la psychanalyse et en a déduit que, contrairement à ce qu'affirme Popper, qui la considère non réfutable et donc pseudoscientifique, la psychanalyse est réfutable et n'est donc pas pseudoscientifique. Mais la réfutabilité d'une théorie ne peut pas prouver que celle-ci n'est pas pseudoscientifique. Sinon, l'astrologie solaire, qui est pour beaucoup le paradigme de la pseudoscience – et que Popper cite comme exemple de pseudoscience –, n'aurait pas ce statut, car elle est certainement susceptible de vérification empirique et a même été déclarée réfutée⁵³⁵ ».

Cioffi construit son argumentation en comparant la réfutabilité de la psychanalyse à celle de l'astrologie. La psychanalyse ne peut pas être déclarée être une pseudoscience pour la raison qu'elle serait irréfutable car elle a été démontrée réfutable (par Grünbaum) au même titre que l'astrologie. Le raisonnement de Cioffi s'enchaîne ainsi : (1) l'astrologie est une pseudoscience, (2) l'astrologie a été réfutée (3) donc la réfutabilité n'est pas un critère de démarcation opératoire, (4) la psychanalyse est pseudo-scientifique mais ce n'est pas dû à sa réfutabilité. Il est intéressant d'observer que Cioffi inverse le raisonnement épistémologique

⁵³⁵ CIOFFI Franck, *ibid.*, p. 296.

classique qui consiste à chercher un critère afin de l'appliquer à une discipline, pour au contraire partir d'une affirmation (« l'astrologie est le paradigme de la pseudoscience ») qui n'est pas justifiée, pour invalider ici le critère de scientificité poppérien. Quelles sont donc les justifications apportées par Cioffi pour invalider alors la psychanalyse ? Sa réponse est très instructive :

« La principale raison de qualifier Freud de pseudoscientifique est la suivante : il a déclaré avoir testé – et donc d'avoir fourni des preuves susceptibles de légitimer de façon convaincante – des théories qui étaient non réfutables ou, lorsqu'elles étaient réfutables, n'avaient pas été testées. Ce sont les allégations fallacieuses selon lesquelles des théories non-réfutables ou non testées ont été testées qui permettent le mieux de qualifier Freud et ses disciples de pseudoscientifiques⁵³⁶ ».

La réponse de Cioffi, en contradiction avec l'extrait précédent, est proprement étonnante. L'accent est mis ici sur l'absence de réfutabilité des théories freudiennes ou l'absence de test des théories réfutables. Mais comment reprocher à Freud ses allégations fallacieuses et l'absence de test effectif de ses théories si de toutes les façons, la réfutabilité n'est pas un critère de scientificité ? Le critère de démarcation de Popper bien que déclaré inapte à déceler toute scientificité, réapparaît pourtant dans un second temps comme déterminant. On voit bien que, malgré les difficultés d'application du critère poppérien, Cioffi a du mal à dégager une solution logique à la démarcation sans faire référence au dit critère qu'il a pourtant lui-même rejeté. Sur un autre registre, peut-on affirmer de façon aussi péremptoire que les différentes thèses psychanalytiques n'avaient jamais été testées ? Freud a lui-même émis des réserves sur certaines de ses thèses qui sont autant de réfutations (mais qu'il présente, il est vrai, souvent comme des exceptions). Sans en indiquer ses sources, Cioffi affirme que l'astrologie a été déclarée réfutée au même titre que la psychanalyse, mais s'agit-il d'une réfutabilité qui aurait satisfait aux mêmes réquisits du critère de démarcation que la psychanalyse ? En d'autres termes, les prédictions de l'astrologie appartiennent-elles au même registre que celles de la psychanalyse ?

⁵³⁶ CIOFFI Franck, « La psychanalyse est-elle une science ? » in *Le livre noir de la psychanalyse* (2005), sous la direction de Catherine Meyer, Les Arènes, 2010, p. 301.

C. Les prédictions pseudoscientifiques et scientifiques

Il peut être particulièrement instructif de commencer cette approche avec le cas de l'astrologie, dont Popper a toujours dénoncé le caractère pseudo-scientifique. Une astrologie, qui représente aussi, comme on a vu, le point de départ du raisonnement de Cioffi. Indiquons aussi que d'après l'Eurobaromètre 55.2 de décembre 2001, « Les Européens, la science et la technologie », 52,7% des personnes interrogées déclaraient que l'astrologie était « plutôt scientifique », alors que 38,9% la considéraient « plutôt pas scientifique » (8,4% « ne savaient pas »)⁵³⁷.

1. Prédications des astrologues et des oracles

Quand on associe la prédiction à l'astrologie, il vient à l'esprit l'horoscope, énoncé de prédiction s'il en est. Le foisonnement des sites internet spécialisés et des magazines, donne l'embarras du choix quant à l'étude d'horoscopes⁵³⁸. Certes, les membres de l'« astrologie savante » objecteront que ces horoscopes ont une finalité commerciale et ne correspondent en rien à une pratique rigoureuse de leur discipline (exigeant notamment une connaissance précise de la date et du lieu de naissance). Mais pour le moment peu nous importe la façon dont la prédiction est élaborée, car seule compte la forme du résultat. Nous proposons d'étudier deux horoscopes (choisis au hasard) consultables sur internet, en date du 21/12/2010 pour le signe cancer :

- (1) « Votre tendance à vouloir tout contrôler dans votre couple pourrait un jour se retourner contre vous. Laissez votre partenaire s'exprimer de temps en temps et adoptez aussi ses idées mais non les vôtres. Votre égoïsme ne va guère avec vos gestes de générosité. Pour les célibataires, votre imagination est certainement la source de vos problèmes. Restez réaliste. Dans le monde du travail, des divergences d'opinion sont à prévoir concernant un projet social au sein de votre entreprise. Ne vous impliquez pas trop dans les débats car on ne vous apprécie guère. Côté finance, une cotisation de dernière minute pourrait vous surprendre si vous apportez juste que le strict minimum dans votre portefeuille. Prudence ! Sinon, côté forme, rien à signaler pour aujourd'hui. Tout va bien en général ».

⁵³⁷ BROCH Henri, *Cours de Zététique (1), Méthodologie Scientifique*, Université de Nice SOPHIA ANTIPOLIS, http://webs.unice.fr/site/broch/polycop_methodo.pdf, p. 40.

⁵³⁸ Les astrologues « savants » réfutent ce terme pour des raisons étymologiques (à rapprocher plutôt d'« ascendant ») et lui préfèrent la notion de prédiction basée sur l'étude du thème astral.

- (2) « Cancer : sachez saisir une opportunité : Vous vous sentez en pleine forme et vous avez envie [sic] de réaliser quelque chose [sic] aujourd'hui. Une opportunité [sic] va se présenter à vous et vous allez la saisir sans la moindre hésitation. Il faut aller franchement de l'avant. Il n'y a aucune raison de douter de vous car toutes les chances sont de votre côté. L'avenir vous donnera raison ou "l'avenir appartient aux audacieux" si vous préférez⁵³⁹ ».

La lecture de ces deux textes met en évidence que la part de la prédiction dans l'horoscope est plutôt limitée. Il s'agit d'affirmations (« vous vous sentez en pleine forme »...) et essentiellement de conseils de conduites à tenir (on observera d'un œil amusé que ces conseils s'opposent en partie : dans le premier cas la « prudence » est de mise, alors que dans le second « il faut franchement aller de l'avant »). Au final le premier texte annonce une seule prédiction certaine : « Dans le monde du travail, des divergences d'opinion sont à prévoir concernant un projet social au sein de votre entreprise » (la seconde étant conditionnelle n'est donc pas prédictive). Le second horoscope effectue trois prédictions, « une opportunité » qui « sera saisie » car « l'avenir donnera raison ». Ces prédictions sont-elles empiriquement réfutables ? La remarque de Popper à propos des prophéties typiques des chiromanciennes et des devins, « leurs prédictions sont tellement prudentes et imprécises que la probabilité logique qu'elles soient exactes est extrêmement forte⁵⁴⁰ », s'applique plutôt bien au second horoscope proposé : il est en effet toujours possible d'interpréter un quelconque phénomène de la journée comme une opportunité et quant à savoir si l'avenir nous donnera raison, la prédiction est si ouverte et si subjective qu'elle en devient irréfutable. Cependant la prédiction du premier (« Dans le monde du travail, des divergences d'opinion sont à prévoir concernant un projet social au sein de votre entreprise ») peut être réfutée empiriquement, c'est-à-dire si l'on attend que l'évènement prédit se déroule (ce point est important, comme nous le montrerons par la suite). Elle est réfutée si la personne ne travaille pas ce jour-là, si elle n'est pas employée dans une entreprise, s'il n'y a pas de projet social dans son entreprise et s'il n'y a pas de divergences d'opinion à propos du projet social. Notons qu'il n'y a pas à considérer

⁵³⁹ Mon horoscope du 21/12/2010 des sites <http://www.astrologie.fr> et <http://www.franceastro.com>.

⁵⁴⁰ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.* p. 275.

qu'une personne ne travaillant pas ce jour-là ou n'étant pas employé dans une entreprise (etc.) n'est pas concernée par la prédiction car ces conditions ne sont nullement affirmées par le texte de l'horoscope. Tous ces énoncés peu ou prou objectivables⁵⁴¹ sont susceptibles de servir de falsificateurs réels à la prédiction de l'horoscope. Ce cas n'est pas isolé et toute personne pourra faire la même expérience ; des millions de prédictions astrologiques sont réfutées au quotidien. L'entrée « prédiction astrologique 2011 » sur le moteur de recherche Google, donne 397 000 résultats et affiche 100 pages (valeur limite maximale définie par le moteur de recherche) c'est à dire pas loin de 1000 sites français dédiés aux prédictions astrologiques.

On peut citer ainsi toute une foule de prédictions réfutables à terme échu. Par exemple, souvenons-nous des fameuses prédictions de « Paul le poulpe », au cours de la Coupe du monde de football de 2010. Les prédictions de « l'oracle d'Oberhausen » étaient testables, et effectivement testées et parfois réfutées. Le céphalopode a fait deux erreurs sur un total de quatorze résultats de match (en tenant compte de l'Euro 2008 et obtint 100% de réussite pour la seule Coupe du monde). Par exemple, on peut traduire⁵⁴² sa dernière prédiction à la Coupe du monde 2010, soit deux jours avant la finale, par la phrase suivante : « Le 11 juillet à Johannesburg, l'équipe d'Espagne gagnera celle des Pays-Bas ». Cette prédiction était testable et réfutable dans le futur (quoique non réfutée⁵⁴³), par exemple, par l'énoncé singulier suivant : « Le 11 juillet 2010 à Johannesburg, les Pays-Bas gagnent la finale de la Coupe du monde de football contre l'Espagne sur le score de 1-0 ».

⁵⁴¹ Les quatre énoncés précédents concernent mon propre cas. La prédiction du premier horoscope est non seulement réfutable mais réellement réfutée.

⁵⁴² La procédure consistait à présenter au poulpe deux récipients transparents marqués du drapeau national de chaque équipe, percés de trous, munis d'un couvercle, contenant chacun une moule décoquillée. L'ouverture d'une des deux boîtes est interprétée comme la désignation prémonitoire du futur vainqueur.

⁵⁴³ Dans le cas où l'on souhaite une prédiction réfutée, il suffit de choisir la finale de l'Euro 2008.

En 2011, puis de nouveau en 2012, un certain nombre de commentateurs lisaient dans le calendrier maya (fin d'un cycle long) la prédiction d'une apocalypse pour le solstice d'hiver. Ces prévisions ont été, à échéance, réfutées⁵⁴⁴.

Ces prédictions occupent et envahissent l'espace public, ce sont les oripeaux dynamiques des oracles de la Grèce classique qui ont abusé nos plus grands philosophes. Socrate y fait l'éloge dans *Phèdre*⁵⁴⁵, les stoïciens comprennent la *mantikê tékhnê* comme consubstantielle de leur philosophie :

« Les stoïciens démontrent que la connaissance de l'avenir est possible... Les dieux sont, donc ils nous communiquent l'avenir. Et s'ils nous le communiquent, ils ne peuvent pas ne pas nous donner quelques moyens pour fonder une science pour le comprendre (sinon cette communication serait inutile), et s'ils nous donnent ces moyens il ne peut pas ne pas y avoir une science de la divination. Il y a donc une science de la divination⁵⁴⁶ ».

Pour Cicéron, la connaissance de l'avenir ne repose donc pas seulement sur une technique prédictive, qui consisterait par exemple à observer les entrailles des bêtes, mais est le produit d'une activité proprement scientifique, une science d'inspiration céleste dont la vérité prédictive est garantie par les dieux.

L'espace public est occupé aussi par les prévisions dont les plus connues sont celles de la météorologie. Une prévision météorologique est facilement vérifiée ou réfutée à terme échu si elle a été assez précise. Quand le bulletin météorologique annonce : « Demain, neige au-dessus de 500 mètres dans les Alpes de Haute-Provence », comme pour les oracles, cette prévision ne semble pas poser de problème de réfutation.

De façon encore plus générale les prédictions et les prévisions occupent notre espace privé parce que, sans en avoir toujours conscience, nous disons ou nous voyons par avance des phénomènes futurs pour la simple raison qu'une partie non négligeable de notre activité

⁵⁴⁴ A ce sujet, il est très instructif de consulter la liste de prédictions de fin du monde (environ une cinquantaine, toutes celles dont la date est dépassée sont évidemment réfutées) recensées par le site en ligne wikipedia : http://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_de_pr%C3%A9dictions_de_la_fin_du_monde.

⁵⁴⁵ « C'est dans le délire que la prophétesse de Delphes et les prêtresses [244b] de Dodone ont rendu aux citoyens et aux États de la Grèce mille importants services ; de sang-froid elles ont fait fort peu de bien, ou même elles n'en ont point fait du tout. Parler ici de la sibylle et de tous les prophètes qui, remplis d'une inspiration céleste, ont dans beaucoup de rencontres éclairé les hommes sur l'avenir, ce serait passer beaucoup de temps à dire ce que personne n'ignore », PLATON, *Phèdre* [244].

⁵⁴⁶ CICÉRON, *De la divination*, I, chap. 38.

consiste à essayer d'anticiper le futur à partir du présent et du passé. Ces prédictions sont de tout ordre et occupent des domaines très variés de la vie humaine (le médecin émet un pronostic, le mécanicien prédit une rupture de durite, le professeur prévoit que 5% de sa classe échouera au baccalauréat et prédit que tel élève aura une mention très bien, etc.). En ce sens le couple prédiction-réfutation qui caractériserait le critère de démarcation n'est que le prolongement du sens commun : « *toute science et toute philosophie sont du sens commun éclairé*⁵⁴⁷ ».

Prétendons-nous maintenant que la mantique stoïcienne, l'astrologie, les prédictions de l'oracle d'Oberhausen, les prophéties des devins et chiromanciens de toute sorte, nos prédictions quotidiennes, parce que prédictibles et de plus testables et réfutables à terme échu, appartiennent au domaine des sciences au même titre que les prédictions de la physique classique ou serait du même ordre que les prédictions météorologiques établies par Météo-France ? Manifestement le critère de Popper, tel qu'utilisé ici, souffre d'incomplétude pour ne pas être capable de discriminer une pseudoscience d'une réelle pratique scientifique.

Tous ces exemples mettent en évidence, s'il en était encore besoin, l'erreur de la simplification du discours poppérien « c'est scientifique car c'est prédictible ». La prédictibilité pris dans ce sens très large, n'est en aucune façon, à elle seule, synonyme de scientificité. Qu'ils soient prédictibles ou non, bon nombre d'énoncés sont réfutables sans pour autant qu'une quelconque scientificité puisse y être défendue. L'exemple le plus édifiant est celui des prédictions des devins qui, contrairement à l'affirmation de Popper, peuvent être très précises comme par exemple celles de Paul le poulpe, et qui sont tout à fait réfutables par des observations effectuées à terme échu. A l'opposé, les prédictions probabilistes que l'on peut retrouver par exemple en physique quantique, ne sont pas réfutables par de simples énoncés singuliers mais nécessitent une réfutation statistique. On se retrouve ainsi dans une

⁵⁴⁷ POPPER Karl R., *La connaissance objective* (1972), *op.cit.*, p. 85.

situation telle qu'un énoncé (de Paul le poulpe) prédictif réfuté, « Le 29 juin 2008 à Vienne, l'équipe d'Allemagne gagnera celle d'Espagne » par un énoncé d'observation, « Le 29 juin 2008 à Vienne, l'équipe d'Espagne remporte la finale de la Coupe d'Europe de football sur l'Allemagne sur le score de 1 à 0 », pourtant dépourvu de toute scientificité⁵⁴⁸, serait, selon une interprétation simpliste du critère de démarcation poppérien, plus scientifique qu'un énoncé de physique quantique dont la réfutation spatio-temporelle est impossible.

2. Prédications et énoncés singuliers

Rappelons que dans *La logique de la découverte scientifique*, et dans l'optique de préciser les énoncés susceptibles de réfutations, Popper s'attache à définir les caractéristiques des théories et des hypothèses réfutables. Dans le droit fil d'Aristote caractérisant la science par son universalité⁵⁴⁹, Popper distingue les énoncés universels, ou hypothèses ayant le caractère de lois naturelles, et les énoncés singuliers, se rapportant à un évènement particulier. Les premiers sont eux-mêmes constitués d'énoncés universels au sens strict et d'énoncés numériquement universels. Les théories des sciences physiques et particulièrement les lois, ont la forme logique d'énoncés universels au sens strict. Parallèlement à ces énoncés, on peut définir des énoncés existentiels. Ces derniers sont sous la forme « il existe » ou « il y a ». La négation d'un énoncé universel au sens strict conduit à un énoncé existentiel lui-même au sens strict (c'est-à-dire non localisé spatio-temporellement). Soit l'énoncé universel strict « tous les corbeaux sont noirs », sa négation « tous les corbeaux ne sont pas noirs » est équivalent à « il existe un corbeau qui n'est pas noir » ou « il y a des corbeaux non noirs⁵⁵⁰ ».

⁵⁴⁸ On peut affirmer, dans un premier temps, en attendant une présentation plus rigoureuse de « notre » critère de démarcation, que ce type de prédiction peut être, sans ambiguïté, caractérisée comme non scientifique car elle est déclarée telle par l'ensemble des acteurs de la communauté scientifique. Cela n'empêche pas qu'il puisse être possible de trouver des explications scientifiques au choix du poulpe, choix qui ne reposerait pas sur une connaissance anticipée de l'avenir, mais sur la forme et les contrastes des couleurs des drapeaux mis en compétition.

⁵⁴⁹ ARISTOTE, *Seconds Analytiques*, I, 31, 87 b 28-35.

⁵⁵⁰ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., p. 67.

Les énoncés existentiels stricts ne peuvent pas être réfutés, car il est impossible d'examiner l'Univers entier pour savoir si quelque chose n'existe pas, n'a jamais existé ou n'existera jamais (c'est pour la même raison que les énoncés universels stricts ne sont pas vérifiables)⁵⁵¹. Pour que les énoncés existentiels stricts puissent prétendre à la réfutation, il faut les énoncer sous la forme d'énoncés existentiels négatifs du type, « il n'existe pas de machine en mouvement perpétuel ». Exprimées sous cette forme, on voit que les théories scientifiques, par l'intermédiaire de leurs lois, affirment la non-existence de phénomènes, elles défendent que certains phénomènes puissent exister, les « lois naturelles [sont] des proscriptions ou des prohibitions⁵⁵² ». Et c'est parce qu'il est possible de reconnaître pour vrai un énoncé singulier qui en affirmant l'existence d'une chose enfreint la prohibition dictée par la loi, que la loi peut être réfutée. Popper considère donc que la distinction entre énoncés universels et singuliers « est d'une importance fondamentale⁵⁵³ », notamment dans la construction du processus de réfutation.

L'énoncé prédictif de Paul le Poulpe « Le 11 juillet 2010 à Johannesburg, l'équipe d'Espagne gagnera celle des Pays-Bas » et un énoncé réfutable comme « Le 11 juillet 2010 à Johannesburg, les Pays-Bas sont victorieux contre l'Espagne lors de la finale de la Coupe du monde de football sur le score de 1-0 », ne sont ni des énoncés universels, ni des énoncés existentiels stricts. Il s'agit d'énoncés existentiels restreints c'est-à-dire localisés spatio-temporellement autrement nommés énoncés singuliers.

On pourrait donc s'interroger sur la scientificité des énoncés non strictement universels notamment les énoncés singuliers. Dans *La logique de la découverte scientifique* les énoncés universels sont clairement présentés comme les seuls réfutables. On peut penser

⁵⁵¹ Les énoncés existentiels stricts peuvent se conjuguer soit au présent (« il y a »), au passé (« il y avait »), et au futur (« il y aura »). Cette différence temporelle n'a aucune incidence sur leur absence de réfutabilité (contrairement aux énoncés existentiels restreints –voir plus loin-). Noter aussi que les énoncés existentiels stricts futurs sont des énoncés prédictifs non localisés spatio-temporellement (« il y aura des corbeaux rouges »).

⁵⁵² *Ibid.*

⁵⁵³ *Ibid.*, p. 62.

que dans le but d'élaborer son critère de démarcation et de contrer l'induction et le vérificationnisme de la signification établi par le Cercle de Vienne, Popper ne s'est pas appesanti sur les possibles réfutations des énoncés singuliers⁵⁵⁴. L'intérêt de ces énoncés singuliers (comme énoncés de base) réside essentiellement dans leur possibilité de tester, de mettre en défaut les théories. Par la suite Popper va progressivement étendre la réfutabilité aux énoncés existentiels restreints comme en témoigne l'extrait suivant de *Conjectures et réfutation* :

« Les exemples les plus simples d'énoncés irréfutables empiriquement sont les énoncés existentiels au sens stricts ou purs. En voici un exemple : "Il existe une perle qui est dix fois plus grande que la perle de taille immédiatement inférieure." Si dans cet énoncé, l'expression "il existe", ne vaut que pour une portion finie de l'espace et du temps, celui-ci peut bien évidemment devenir réfutable. Par exemple, il est évident que l'énoncé suivant est empiriquement réfutable : "En ce moment et dans cette boîte-ci, il existe au moins deux perles dont l'une est dix fois plus grande que cette autre perle également contenue dans la boîte et qui par sa taille vient immédiatement après celle-ci." Mais alors, il ne s'agit plus d'un énoncé existentiel strict ou pur, nous avons au contraire un énoncé existentiel restreint⁵⁵⁵ ».

Les scientifiques, à l'évidence, ne sont pas confrontés aux seuls énoncés universels. Leur quotidien fourmille d'un ensemble de propositions singulières caractérisées pour une portion finie de l'espace et du temps. Les observations d'une empreinte génétique, du virage d'un indicateur coloré ou la simple lecture d'un résultat sur un appareil de mesure, même s'ils s'inscrivent aussi dans une démarche théorique, appartiennent à une classe d'énoncés réfutables, celle des énoncés existentiels restreints.

Dans ses "Replies to my critics" Popper répondra à l'approche très restrictive de William C. Kneale⁵⁵⁶ qui entretenait l'idée que seuls les énoncés universels pouvaient être réfutés :

« Mon critère de démarcation (...) est la *testabilité*, ou la *falsifiabilité*. J'entends par là : la *possibilité d'un conflit avec les énoncés de test* (...). On déduit de cela que, par exemple, les lois universelles ne peuvent appartenir à la science, qu'à condition qu'elles soient testables, mais il ne s'ensuit pas que *seuls* les énoncés universels peuvent appartenir à la science : les énoncés singuliers en particulier *peuvent* aussi appartenir à la science comme tous les énoncés de tests singuliers

⁵⁵⁴ Certains passages font allusion à la réfutation des énoncés singuliers, mais cette réfutation n'est pas étudiée pour elle-même (page 74 ligne 21, *op.cit.*, la traduction française a omis l'adjectif singulier).

⁵⁵⁵ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique* (1963), *op. cit.*, p. 292.

⁵⁵⁶ KNEALE William C., "The demarcation of science" in *The Philosophy of Karl Popper*, The Library of Living Philosophers, edited by Paul Arthur Schilpp, 1974, p. 204 à 217.

(énoncés de base). (...) Les énoncés susceptibles d'être incompatibles avec un énoncé de test singulier (énoncé de base), je les ai décrit comme «falsifiables» ou «testables», et puisque les énoncés de test singulier - tous ceux qui sont falsifiables et donc appartiennent à la science empirique - sont des énoncés historiques, il s'ensuit que de nombreux énoncés historiques satisfont mon critère, et appartiennent à la science empirique. L'énoncé « Il a plu à Vienne le 12 mars 1933 » est un exemple d'énoncé historique *et* empirique (ou empirico-scientifique)⁵⁵⁷ ».

A l'évidence pour Popper, les seuls énoncés synthétiques irréfutables sont les énoncés existentiels stricts car « nous ne pouvons pas examiner avec minutie le monde entier afin d'établir que quelque chose n'existe pas, n'a jamais existé ou n'existera jamais⁵⁵⁸ ». Les autres énoncés synthétiques sont réfutables, à commencer par les énoncés universels stricts, les énoncés universels numériques, mais aussi les énoncés singuliers. Le tableau 3 récapitule les caractéristiques de réfutabilité, de vérification et réfutation empirique des énoncés universels et existentiels ; le tableau 4 précise ces mêmes caractéristiques pour les énoncés singuliers, les explications sont données dans la suite du texte.

⁵⁵⁷ (*My criterion of demarcation (...) is testability, or falsifiability. By this I mean : the possibility of a clash with test statements (...). It follow from this that, for example, universels of laws can belong to science, provided they are testable ; but it certainly does not follow that only universal statements can belong to science : singular statements especially can also belong to it, and all singular test statements (basic statements) do (...). Statements capable of clashing with a singular test statement (basic statement) I described as "falsifiable" or "testable" ; and since singular test statements - all of which are falsifiable and so belong to empirical science - are historical statements, it follows that many historical statements satisfy my criterion, and belong to empirical science. The statement "It rained in Vienna on March 12, 1933" is an example of such an historical and empirical (or empirical-scientific) statement*)- je traduis-). POPPER Karl R., "Replies to my critics" in *The Philosophy of Karl Popper, op.cit.*, pp. 987, 988.

⁵⁵⁸ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p. 68.

Types d'énoncés	Enoncés universels		Enoncés existentiels	
	Stricts (sans référence à une région spatio-temporelle particulière limitée)	Enoncés universels restreints = énoncés universels numériques = \sum énoncés singuliers	Stricts et isolés (présents, passés ou futurs)	Enoncés existentiels restreints = énoncés singuliers
Caractères				
Exemples d'énoncés	« Tous les cygnes sont blancs* ». « Pour tout fil d'une structure donnée S (déterminée par sa matière, son épaisseur, etc.), il y a un poids caractéristique P tel que le fil rompra si un poids excédant P lui est suspendu » ; et « Pour tout fil de la structure S1, le poids caractéristique P est égal à une livre* ».	« Il est vrai de tous les êtres humains vivant aujourd'hui sur la terre que leur hauteur n'excède jamais un certain point (disons 8 pieds)* ».	« Il y a des corbeaux blancs* ». « Il existe une couleur qui frappe d'épouvante ceux qui la regarde* ».	(voir Fig.4)
Réfutabilité (Falsifiabilité ₁) exemples falsificateurs	Falsifiables ₁ (test potentiel de la relation logico-technique) par des énoncés singuliers (énoncés de base falsificateurs potentiels qu'ils soient vrais ou faux). « Le 16 mai 1934, entre dix et onze heures du matin, un cygne noir se tenait devant la statue de l'impératrice Elisabeth dans le Volksgarden, à Vienne* ».	Falsifiables ₁ par des énoncés singuliers falsificateurs potentiels (qu'ils soient vrais ou faux). « Le 16 mai 2010, entre dix et onze heures du matin, un homme de 9 pieds de haut se tenait devant la statue de l'impératrice Elisabeth dans le Volksgarden, à Vienne ».	Non falsifiables ₁ (il est impossible d'examiner l'Univers entier pour savoir si quelque chose n'existe pas, n'a jamais existé ou n'existera jamais).	(voir Fig.4)
Vérifiabilité	Non vérifiables (pour la même raison que les énoncés existentiels stricts ne sont pas falsifiables ₁)	Vérifiables	Vérifiables	(voir Fig.4)
Réfutation (falsification) empirique	Peuvent être réfutés empiriquement.	Peuvent être réfutés empiriquement.	Ne peuvent être réfutés empiriquement.	(voir Fig.4)

Tableau 3 – Réfutabilité, vérifiabilité et réfutation empirique des énoncés synthétiques (* exemples choisis par Popper dans ses différents ouvrages)

Types d'énoncés Caractères	Énoncés singuliers		
	Existentiels restreints présents	Existentiels restreints passés (historiques au sens large)	Existentiels restreints futurs
Exemples d'énoncés	« En ce moment et dans cette boîte-ci, il existe au moins deux perles dont l'une est dix fois plus grande que cette autre perle également contenue dans la boîte et qui par sa taille vient immédiatement après celle-ci* ». « K est une machine à mouvement perpétuel* ».	« Il a plu à Vienne le 12 mars 1933* ».	« Le 13 juillet 2014 à Rio de Janeiro, le Brésil gagnera la finale de la Coupe du monde de football contre l'Espagne sur le score de 2-1 ».
Réfutabilité (Falsifiabilité) exemples falsificateurs	Falsifiables ₁ par des énoncés existentiels présents falsificateurs potentiels (qu'ils soient vrais ou faux). « En ce moment et dans cette même boîte-ci, il n'y a qu'une seule perle ».	Falsifiables ₁ par des énoncés rétrodictifs singuliers passés (qu'ils soient vrais ou faux). « Le 12 mars 1933 à Vienne était une journée ensoleillée ».	Non falsifiables ₁ par des énoncés existentiels présents.
Vérifiabilité	Vérifiables	Vérifiables si historiques <i>sensu stricto</i> .	Vérifiables <i>ipso facto</i> .
Réfutation (falsification) empirique	Peuvent être réfutés empiriquement.	Peuvent être réfutés empiriquement.	Peuvent être réfutés empiriquement <i>ipso facto</i> .

Tableau 4 – Réfutabilités, vérifiabilité, réfutation empirique des énoncés singuliers
(* exemples choisis par Popper dans ses différents ouvrages)

Maintenant, si l'on s'interroge sur la prédictibilité des énoncés singuliers, il faut toujours avoir à l'esprit, qu'étant donné qu'il s'agit d'énoncés d'observation localisés temporellement, ils peuvent se décliner en trois versions : les énoncés existentiels restreints passés qui décrivent des phénomènes passés et que l'on peut qualifier aussi d'énoncés historiques au sens large, les énoncés existentiels restreints présents (ou énoncés de base dans la nomenclature poppérienne) et enfin les énoncés existentiels restreints futurs, omis par Popper, c'est-à-dire des énoncés qui annoncent l'existence future de phénomènes localisés

spatiotemporellement. Existe-t-il un lien entre réfutabilité et prédiction ? L'énoncé, « Le 11 juillet 2010 à Johannesburg, les Pays-Bas gagnent la finale de la Coupe du monde de football contre l'Espagne sur le score de 1-0 », est un énoncé existentiel restreint présent empiriquement réfutable. « Le 11 juillet à Johannesburg, l'Espagne gagna la finale de la Coupe du monde de football contre les Pays-Bas sur le score de 1-0 » est un énoncé historique vrai, réfutable par rétrodiction (et non réfuté). Ainsi que le rappelle Popper en 1980, les énoncés existentiels restreints présents comme passés sont éminemment réfutables :

« Il semble que certaines personnes pensent que les sciences historiques ne sont pas testables parce qu'elles décrivent des événements uniques. Toutefois, la description des événements uniques peut très souvent être testée par des prédictions ou rétrodictions⁵⁵⁹ ».

Il s'agit dans les deux cas d'énoncés singuliers réfutables qui ne sont pas prédictifs *sensu stricto* (des « prédictions dans le passé » ne sont pas à proprement parlé des prédictions bien qu'elles puissent être testées par rétrodiction). Par contre un énoncé existentiel restreint futur est prédictif par essence ; est-il réfutable ? Etant donné qu'il ne s'agit pas d'énoncé existentiel strict, on devrait s'attendre à sa réfutabilité ; mais est-ce le cas ? En termes poppériens, nous devons pouvoir trouver un énoncé de base qui le contredise (donc un énoncé singulier présent). Soit l'énoncé, « Le 13 juillet 2014 à Rio de Janeiro, le Brésil gagnera la finale de la Coupe du monde de football contre l'Espagne sur le score de 2-1 », existe-t-il un énoncé d'observation qui puisse actuellement le contredire ? On voit immédiatement qu'il n'existe pas d'énoncé de base *hic et nunc* qui puisse mettre en échec un énoncé existentiel restreint futur. C'est seulement une fois que la prédiction se trouvera dans le temps présent (ou passé) qu'elle sera réfutable et éventuellement réfutée. On retrouve ici l'absence de lien, que d'aucuns croient absolus, entre prédiction et réfutabilité et donc scientificité. Et dans le cas des énoncés existentiels restreints futurs la prédiction est, au contraire, un indice d'absence d'empiricité. Car que devient d'un point de vue épistémique un énoncé existentiel restreint passé ou présent réfutable, quand il se mute en énoncé existentiel restreint futur ? Réponse :

⁵⁵⁹ POPPER Karl R., "Letter to the Editor", *op.cit.*, p. 611.

un énoncé non réfutable, que l'on qualifiera de non empirique puisque ne pouvant être mis en échec par l'expérience potentielle. L'énoncé empirique, « Le 11 juillet 2010 à Johannesburg, l'Espagne gagne la finale de la Coupe du monde de football contre les Pays-Bas sur le score de 1-0 » perd son empiricité quand il se mute en énoncé prédictif : « Le 11 juillet 2010 à Johannesburg, l'Espagne gagnera la finale de la Coupe du monde de football contre les Pays-Bas sur le score de 1-0 » (évidemment cet énoncé est formulé antérieurement à l'évènement). Contrairement à ce qui pourrait être attendu, la prédiction est ici synonyme d'absence de scientificité. Pourquoi ? Parce qu'étant donné qu'il ne s'agit pas d'un énoncé universel, ni d'une généralisation, sa seule empiricité résiderait dans son caractère observable comme énoncé de base, en d'autres termes, dans sa réalité, une réalité réfutable par un autre énoncé existentiel contradictoire. Un énoncé singulier qui nous parlerait du futur n'est plus, à proprement parler, un énoncé d'existence. L'existence future n'est pas existentielle car elle n'est pas encore. Contrairement à un énoncé existentiel passé qui n'est plus mais a été, et qui donc peut être réfuté par rétro-diction, il n'y a rien qui puisse témoigner *hic et nunc* d'une existence future, et dans le cadre du « falsificationnisme » poppérien, qui puisse le réfuter *ex ante facto*. Une prédiction singulière isolée n'est pas du registre de l'empiricité (et donc de la scientificité) car aucun lien déductif logique ne la relie au présent ; elle provient de la seule spéculation et ne peut donc appartenir à la science. On peut la qualifier de prophétie. Le tableau 5, met en évidence la position fondamentalement différente des énoncés de prédictions singuliers (autrement appelés énoncés existentiels restreints futurs) vis-à-vis de la réfutabilité comparativement aux énoncés universels.

Types d'énoncés Caractères	Enoncés universels (prédicatifs)	Enoncés de prédiction singuliers (= existentiels restreints futurs)
Réfutabilité	Falsifiables ₁ <i>ex ante facto</i>	Non falsifiables ₁ <i>ex ante facto</i>
Vérifiabilité	Non vérifiables	Vérifiables <i>ipso facto</i>
Réfutation empirique	Réfutables empiriquement <i>ipso facto</i>	Réfutables empiriquement <i>ipso facto</i>

Tableau 5 – Réfutabilité, vérifiabilité et réfutation empirique des énoncés prédictifs

La différence entre réfutabilité et réfutation empirique apparaît comme décisive pour caractériser l'empiricité des énoncés prédictifs. Si la réfutation empirique poppérienne est nécessairement *ipso facto* (éventuellement *ex post facto* par des énoncés rétrodictifs), la réfutabilité a un tout autre statut vis-à-vis de la temporalité. Quoique Popper n'ait pas discuté directement de la temporalité de son critère, la capacité, la possibilité d'entrer en conflit avec l'expérience doit se comprendre, autant dans le passé que le présent ou le futur : la potentialité de la réfutabilité lui confère *a priori* un statut intemporel. A l'opposé, la position temporelle d'un énoncé singulier se trouve être fondamentale. Si un énoncé existentiel futur peut éventuellement se comprendre comme étant réfutable *ipso facto* ou *ex post facto* (c'est-à-dire que l'on considère que le moment venu il aura, de part de sa structure, la possibilité d'être réfuté), il n'est en aucun cas réfutable *ex ante facto* car n'ayant pas d'existence réelle avant d'être, sa classe d'énoncés virtuels réfutables est vide *hic et nunc*. Nous sommes ici dans une situation apparemment paradoxale, qui inverse l'axe logico-épistémologique du critère de démarcation (la réfutation suit nécessairement la réfutabilité) où un énoncé réfutable empiriquement *ipso facto* se trouve être non réfutable (*ex ante facto*). L'introduction de la flèche du temps dans le critère initialement intemporel, fait éclater le couple réfutabilité-réfutation dont le deuxième élément est nécessairement lié au présent.

Les prophéties sont donc toujours caractérisées, non pas par leur présentation très générale, car elles peuvent être parfois très précises, mais par leur singularité irréfutable *ex ante facto*. En décembre 2010, Elizabeth Tessier, docteur en sociologie et astrologue renommée⁵⁶⁰, prédisait à Dominique Strauss-Kahn que 2011 serait « une année géniale ». Elle précisait : « à 62 ans, c'est l'année de sa vie », en se fondant sur l'observation de Pluton, ce devait être « un grand tournant dans son destin, qui se prolonge sur le printemps 2012⁵⁶¹ ». Les prophéties ont la forme d'énoncés existentiels restreints futurs réfutables empiriquement *ipso facto*, et néanmoins irréfutables *ex ante facto* (les formes strictes sont irréfutables). Le 23 août 2011, alors que le juge américain en charge de l'affaire, officialisait l'abandon des poursuites contre Dominique Strauss-Kahn pour crimes sexuels, ce dernier fit comme premier commentaire : « C'est la fin d'une épreuve terrible et injuste⁵⁶² ». Il en est ainsi de tous les horoscopes, car l'avenir singulier n'est pas écrit.

3. Diversité des prédictions

Concernant les prédictions *sensu stricto*, il se dégage une première binarité, avec d'un côté celles construites sur des énoncés existentiels restreints futurs, isolés de tout contexte théorique, et pour lesquelles le statut non scientifique est indiscutable, et de l'autre des prédictions associées à une construction théorique pour lesquelles il convient maintenant d'en appréhender la diversité dans l'objectif de les confronter au critère de scientificité poppérien. Les qualités prédictives d'une théorie sont souvent mises en avant pour en souligner sa scientificité.

⁵⁶⁰ Comme autre célèbre prédiction d'Elizabeth Tessier, signalons aussi celle prédisant la victoire de l'équipe de France de football, dirigée alors par Raymond Domenech, à la coupe d'Europe de football de 2008.

⁵⁶¹ <http://www.lessentiel.lu/fr/news/dossier/strausskahn/story/--2011-sera-pour-lui-une-annee-geeniale---16851990>

⁵⁶² http://www.lemonde.fr/dsk/article/2011/08/23/dsk-les-charges-officiellement-abandonnees_1562678_1522571.html#ens_id=15223420

Rappelons ici la prédiction historique d'Einstein relative à la théorie de la relativité qui aurait réveillé Popper de son sommeil dogmatique : « Toute trajectoire d'un rayon lumineux au voisinage d'un champ de gravitation ne se fait pas en ligne droite (comme le voudrait la théorie mécanique classique), mais de façon curviligne ». Evidemment cette prévision peut se concrétiser par un énoncé prédictif ayant la forme d'un énoncé existentiel restreint futur, de la forme : « Le 29 mai 1919, les observations au-delà du cercle polaire, lors de l'éclipse totale du soleil, montreront que les rayons lumineux issus des étoiles lointaines auront une trajectoire curviligne au voisinage du soleil », énoncé falsifiable *ipso facto* par une observation contraire. Isolé de tout contexte théorique, cet énoncé n'a pas une structure syntaxique qui lui permettrait d'être plus réfutable *ex ante facto* que celui de l'oracle d'Oberhausen. Cependant l'universalité de la théorie qui en est le sous-bassement, caractérisée par son intemporalité et sa non-localité⁵⁶³, lui confère une réfutabilité dans le futur (et non plus limitée au passé et au présent comme le serait un énoncé singulier futur isolé). En d'autres termes, c'est l'universalité de la théorie de la relativité, « en tout lieu et de tout temps », qui soutient la temporalité de l'énoncé singulier futur qui en est déduit logiquement. Remarquons aussi que la prédiction issue de la théorie de la relativité était une prédiction originale au sens où elle prévoyait un phénomène nouveau contrairement à un système prédictif de type D-N d'explication.

Dans le domaine géodynamique, alors que les prévisions sismiques demeurent actuellement assez aléatoires car trop peu précises, les progrès de la volcanologie permettent d'affiner la prévision d'une éruption. On a cité l'exemple du tremblement de terre d'Aquila du 6 avril 2009 pour lequel les indices d'un séisme imminent n'avaient pas été suffisamment probants pour entraîner la décision d'évacuer la ville. Le 25 octobre 2010, soit la veille de l'irruption du Merapi, volcan indonésien, le professeur Surono, directeur du Centre

⁵⁶³ Au contraire c'est l'intemporalité et la non-localité des énoncés existentiels stricts qui sont responsables de leur irréfutabilité.

indonésien de volcanologie et d'atténuation de catastrophes géologiques (CVGHM en anglais), du fait de signes avant-coureurs significatifs, augmentait le niveau d'alerte au rang maximum quatre et ordonnait l'évacuation des populations vivant dans un rayon de dix kilomètres. Périmètre qui sera élargi à deux reprises entraînant le déplacement de près de 400 000 personnes. Cette prévision s'est opposée dramatiquement aux croyances animistes vodous qui pensaient pouvoir apprivoiser la colère de la « montagne de feu » (*Merapi* en javanais), à l'origine du décès de près de 300 personnes. L'énoncé prédictif de Surono peut donc être formulé ainsi : « Aujourd'hui 25 octobre 2010, le CVGHM prévoit que le volcan Merapi entrera en éruption dans les heures ou les jours très prochains », il s'oppose à l'énoncé contraire du vodou Marijan, « gardien du volcan » qui communique avec l'esprit « grand-père *Merapi* », que l'on pourrait énoncer ainsi : « La montagne de feu n'entrera pas en colère dans la semaine qui suit ». Ces deux énoncés existentiels futurs sont réfutables *ipso facto*, cependant alors que le second a le caractère d'une pure prophétie, le premier s'appuie sur un système théorique qui devrait lui conférer une réfutabilité *ex ante facto*. « Devrait » car, il apparaît d'importantes différences entre une prédiction déduite logiquement d'une loi causale de physique apparemment simple, telle celle de la rupture d'un fil sous l'effet d'un poids, et une prédiction dérivée d'un ensemble théorique complexe qui relève de lois parfois rarement objectivement déterminées et dont les effets réciproques et les interactions avec les conditions initiales sont toujours objets de recherche. Surono indique clairement qu'il ne pouvait prévoir avec certitude le jour et l'heure de l'éruption tout en la sachant imminente⁵⁶⁴. Il ne s'agit donc pas, à proprement parler, d'un énoncé restreint. Mais, à l'opposé, la prédiction d'une éruption volcanique comme celle du *Merapi*, ne s'appuie pas, d'un point de vue épistémologique, sur la simple observation de phénomènes dits prédictifs comme le gonflement de l'appareil volcanique, le trémor sismique, l'émission de divers gaz, etc., mais aussi sur un ensemble de

⁵⁶⁴ Interview du professeur Surono par le journaliste Miles O'Brien du 2 décembre 2010 : http://www.pbs.org/newshour/bb/science/july-dec10/volcano_12-02.html

théories inhérentes à la volcanologie, la sismologie, la pétrologie, la tectonique globale... Ce sont toutes ces données qui doivent permettre d'élaborer un modèle physique déterministe. Ce lien déductif entre énoncés universels et énoncé prédictif singulier qui permet à ce dernier d'accéder à une certaine scientificité n'est pas toujours assuré et il reste, pour de nombreux domaines scientifiques, comme la géodynamique, assez ténu. Prédire un séisme, c'est pouvoir prévoir sa date, son lieu et sa magnitude. S'il existe un certain nombre d'éléments précurseurs d'un séisme comme la variation de la vitesse des ondes sismiques, la surélévation du sol ou encore des perturbations électromagnétiques, tous correctement corrélés avec des séismes, il fait défaut, aujourd'hui, d'un modèle prédictif cohérent intégrant une compréhension théorique globale des signes précurseurs. La réfutabilité *ex ante facto* d'une prédiction scientifique et donc sa qualité, sont inféodées aux caractéristiques déterministes identifiées des systèmes théoriques qui la gouvernent.

Dans une même optique, on peut comparer ces prédictions à celles relatives à l'évolution de la température de surface du globe terrestre. Depuis une trentaine d'année, de nombreuses études scientifiques émettent des « projections climatologiques » (remarquer la nuance lexicale). Nous prendrons comme référence les rapports du GIEC (Groupe d'expert intercontinental sur l'évolution du climat). Rappelons que les travaux du GIEC sont assez consensuels, ils proviennent de la participation de plus de 2 500 scientifiques de 130 pays. Voici une synthèse (qui s'adresse aux « décideurs ») des prévisions du rapport du 16 novembre 2007 :

« Un réchauffement d'environ 0,2 °C par décennie au cours des vingt prochaines années est anticipé dans plusieurs scénarios d'émissions SRES [*Special Report on Emissions Scenarios*]. Même si les concentrations de l'ensemble des GES [Gaz à Effet de Serre] et des aérosols avaient été maintenues aux niveaux de 2000, l'élévation des températures se poursuivrait à raison de 0,1 °C environ par décennie. Les projections à plus longue échéance divergent de plus en plus selon le scénario utilisé⁵⁶⁵ ».

⁵⁶⁵ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf, p. 7.

En fonction de divers scénarios relatifs à l'évolution des émissions de gaz à effet de serre, le GIEC établit diverses projections pour les températures de surface. Les graphiques ci-dessous rendent compte des scénarios et des prévisions pour cette même date.

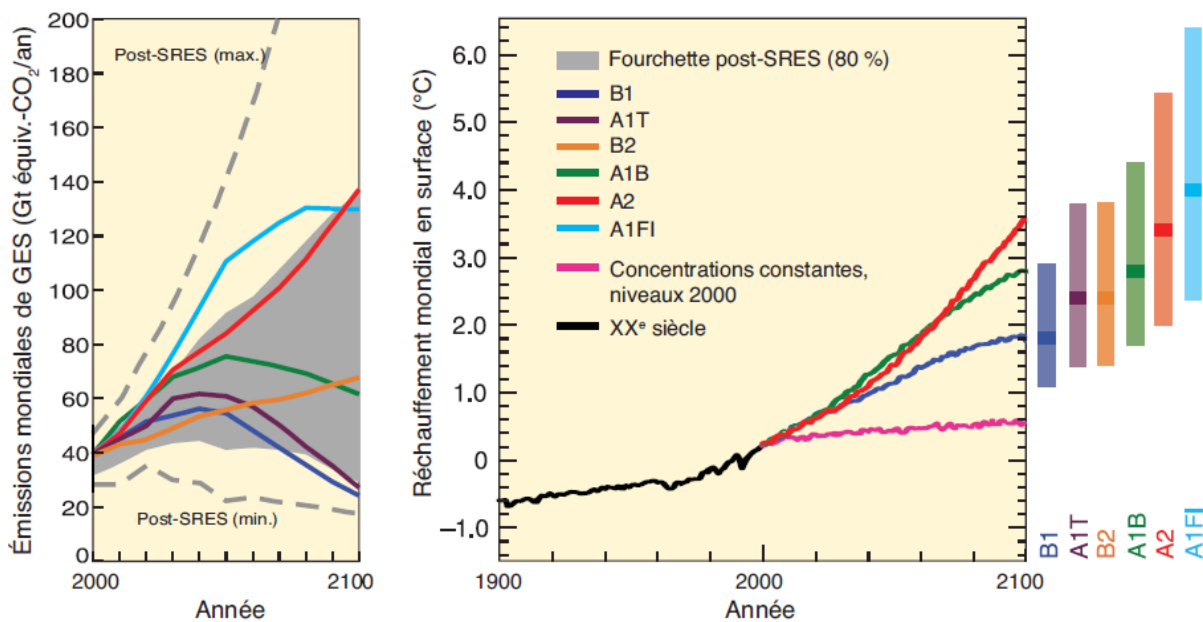


Fig.8 - Scénarios d'émissions de gaz à effet de serre pour la période 2000–2100 (en l'absence de politiques climatiques additionnelles) et projections relatives aux températures en surface établis par le rapport du GIEC (2007)⁵⁶⁶.

Les prévisions du GIEC sont construites à partir de quatre principales familles SRES [*Special Report on Emissions Scenarios*]. Le canevas et la famille de scénarios A1 décrivent un monde futur dans lequel la croissance économique sera très rapide, avec un pic de la population mondiale au milieu du XXI^e siècle. Ils se déclinent selon trois versions : le scénario A1FI

⁵⁶⁶ Commentaires associés aux graphiques : « À gauche : Émissions mondiales de GES (en Gt équiv.-CO₂) en l'absence de politiques climatiques : six scénarios illustratifs de référence (SRES, lignes colorées) et intervalle au 80^e percentile des scénarios publiés depuis le SRES (post-SRES, partie ombrée). Les lignes en pointillé délimitent la plage complète des scénarios post-SRES. Les GES sont le CO₂, le CH₄, le N₂O et les gaz fluorés. À droite : Les courbes en trait plein correspondent aux moyennes multimodèles du réchauffement en surface pour les scénarios A2, A1B et B1, en prolongement des simulations relatives au XX^e siècle. Ces projections intègrent les émissions de GES et d'aérosols de courte durée de vie. La courbe en rose ne correspond pas à un scénario mais aux simulations effectuées à l'aide de modèles de la circulation générale couplés atmosphère-océan (MCGAO) en maintenant les concentrations atmosphériques aux niveaux de 2000. Les barres sur la droite précisent la valeur la plus probable (zone foncée) et la fourchette probable correspondant aux six scénarios de référence du SRES pour la période 2090-2099. Tous les écarts de température sont calculés par rapport à 1980-1999 », *ibid.*

correspond à l'utilisation d'une forte intensité de combustibles fossiles, pour le scénario A1T les sources d'énergie ne sont pas uniquement fossiles, et pour A1B les sources d'énergie sont plus équilibrées (pluralité des sources d'énergie). Le canevas et la famille de scénarios A2 décrivent un monde plus hétérogène avec un développement économique régional plus soucieux de l'autosuffisance et des identités locales conduisant à une croissance plus faible que pour le scénario A1, mais néanmoins à un accroissement continu de la population mondiale. Les canevas de scénarios B correspondent à des économies mettant en place rapidement des changements orientés vers la protection de l'environnement (utilisation raisonnée des ressources, introductions de technologies propres etc.). B1 à l'instar de A1 décrit un monde convergent (mais orienté vers la protection de l'environnement), alors que B2 correspond à un monde plus régionalisé (niveaux intermédiaires locaux de développement). Pour chaque scénario, les températures projetées, corrélées aux émissions mondiales de gaz à effet de serre, sont comprises dans des fourchettes de valeurs assez importantes. Par exemple pour un scénario A1FI, la valeur la plus probable est de l'ordre de + 4°C en 2100 (base an 2000), avec une fourchette allant de + 2,4 à 6,4 °C. On remarque donc une très forte diversité de scénarii prédictifs possibles qui tranche avec les prédictions vues précédemment. Cette variabilité prédictive est une composante épistémologique importante de ce type de prévision. Elle met en évidence un sous bassement théorique complexe nécessitant une prise en compte de nombreuses variables. Mais cela n'empêche pas, par ailleurs, de proposer une prévision plus synthétique : « Réchauffement d'environ 0,2 °C par décennie au cours des vingt prochaines années ». Chacune de ces projections est réfutable empiriquement *ipso facto* par des énoncés qui tiennent évidemment compte des valeurs minimales et maximales de fourchette. On peut éliminer la conditionnalité SRES en proposant des énoncés de réfutation dont les valeurs sont en deçà des minima ou au-delà des maxima des scénarios les plus extrêmes. Par exemple : « Au 1^{er} janvier 2100, le réchauffement mondial à la surface

de la Terre est inférieur à 1°C par rapport au premier janvier 2000 » (inférieur à la fourchette basse B1). Ou à l’opposé : « Au 1^{er} janvier 2100, le réchauffement mondial à la surface de la Terre est supérieur à 6,4°C par rapport au premier janvier 2000 » (supérieur à la fourchette haute A1F1). Mais qu’en est-il de la réfutabilité des divers scénarii, comme par exemple celle de cet énoncé existentiel futur : « La valeur la plus probable de la température terrestre en 2100 sera de l’ordre de + 4°C par rapport à l’an 2000 (scénario A1FI) » ? On perçoit que sa réfutabilité *ex ante facto* peut soulever un certain nombre de problèmes. Si l’absence de précision, qui est ici plutôt un indicateur de scientificité dans un contexte pluri-conditionnel et multifactoriel ne nous semble pas rédhibitoire, le lien logique avec la composante théorique de la prédiction est beaucoup plus difficile à identifier. Etant donné que le système théorique n’est pas formé d’une simple loi causale ordinaire, mais d’un échafaudage complexe, faisant intervenir un grand nombre de spécialités scientifiques, on est en droit de s’interroger sur la valeur du soutien de la temporalité de l’énoncé existentiel futur par ce même système théorique. Il n’est pas du tout certain que d’importantes composantes extrascientifiques ne se soient immiscées dans cette prédiction à forte connotation psychologique, éthique et politique. Pouvoir conclure avec davantage de certitude nécessiterait une étude complète des diverses théories sous-jacentes et des liens qu’elles entretiennent réellement avec la prédiction proposée. Ce lien logique ne peut être que supposé, mais difficilement démontré, l’épistémologue est ici contraint de « faire confiance » aux 2 500 scientifiques des 130 pays représentés. Car le problème, on l’aura compris, réside dans la réfutabilité *ex ante facto* d’un énoncé en soi banalement singulier futur, et donc dans la nature de sa subsumption avec un système théorique indéniable, mais d’une grande complexité.

La médecine contemporaine est caractérisée par une prégnance de plus en plus importante des pratiques prédictives. On observe d’une part une généralisation et une standardisation des traditionnels pronostics médicaux avec la multiplication des scores

pronostiques, et d'autre part le développement exponentiel des tests génétiques qui ouvrent la voie à une médecine prédictive⁵⁶⁷ dont les enjeux éthiques sont considérables.

Bien que tous les pronostics effectués s'appuient sur la présence d'un diagnostic initial, il existe une assez grande diversité de protocoles. Il pourra s'agir d'un pronostic fait à l'avenant comme : « Vous n'aurez plus de fièvre après six jours de traitement antibiotique qui mettra un terme à votre angine à staphylocoques ». Ce type de pronostic s'appuie sur l'expérience et les connaissances du praticien, il constitue un mixte théorique et technique (au sens de *tékhnê*). Ce type de pronostic peut être évidemment réfuté *ipso facto*. Le pronostic de mortalité lié à une maladie, par exemple l'évolution d'un cancer d'un patient, peut être évaluée en termes de surmortalité annuelle. Le médecin s'appuie sur les données statistiques issues de registres comptabilisant les survies moyennes de personnes atteintes d'un cancer donné, depuis un temps et pour un âge déterminé afin de pronostiquer l'évolution de la maladie. Il peut, par exemple, pronostiquer une surmortalité moyenne de 5,64 %⁵⁶⁸ à une personne développant un cancer du poumon depuis dix ans et 1,03 % à une personne atteinte de maladie de Hodgkin depuis dix ans aussi. En milieu hospitalier, il est établi des « scores pronostiques » qui s'appuient aussi sur des données statistiques. Le score (*Clinical Prediction Rule* des anglo-saxons) a pour objectif de réduire l'incertitude d'un diagnostic ou de préciser un pronostic par l'utilisation de données cliniques et paracliniques. Le principe du score est simple : pour un domaine donné de la médecine, chaque observation clinique ou résultat d'analyse est associé à un nombre qui représente son importance relative (son « poids arithmétique ») dans le diagnostic ou le pronostic. Le résultat est obtenu par la simple addition arithmétique des résultats (suivant les tests le poids arithmétique est proportionnel ou inversement proportionnel à la pathologie du caractère étudié). Les premiers scores ont été établis pour faciliter le diagnostic, le plus célèbre étant celui de Virginia Apgar proposé en

⁵⁶⁷ RUFFIÉ Jacques, *Naissance de la médecine prédictive*, Editions Odile Jacob, 1993.

⁵⁶⁸ Ce qui signifie « qu'un peu plus » de cinq personnes sur cent vont mourir pendant l'année en cours à cause du cancer en question.

1952 et utilisé pour évaluer la santé d'un nouveau-né à sa naissance. En médecine urgentiste le plus connu est sans nul doute le score de Glasgow (*Glasgow coma scale*, GCS), développé par G. Teasdale et B. Jennet en 1974, permettant d'évaluer l'état de conscience du sujet à la suite d'un traumatisme crânien afin d'affiner le diagnostic. Par la suite ces scores ont été davantage orientés vers le pronostic et se sont aujourd'hui généralisés. Par exemple le score de Glasgow permet aussi d'apprécier le risque de mortalité du patient. Il est généralement présenté sous la forme d'une équation comprenant trois paramètres à renseigner et dont le résultat est compris entre 3 et 15 :

$$Y (\text{ouverture des yeux}) + V (\text{réponse verbale}) + M (\text{réponse motrice}) = R (\text{résultat})$$

Une ouverture des yeux « à la commande verbale » + une réponse verbale « confuse » + une réponse motrice de type « réaction orientée à la douleur », entraîne un score de Glasgow de 12 (3+4+5) pronostiquant « environ 82 % de bonne récupération, environ 12 % de mortalité⁵⁶⁹ ». On peut donner comme autre exemple, le score prédictif à la suite d'une angioplastie coronarienne. C. Wu *et al.*⁵⁷⁰ de l'Université d'Albany, proposent un score de mortalité hospitalière⁵⁷¹ à partir du renseignement de neuf items (sexe, âge, fraction d'éjection, état hémodynamique, temps entre infarctus du myocarde et angioplastie, insuffisance cardiaque, insuffisance rénale, maladie artérielle périphérique, atteinte de l'interventriculaire). Une personne de sexe féminin (+1) de soixante ans, (+1), avec une fraction d'éjection de 25% (+2), un état hémodynamique instable (+6), un temps de 10 heures entre infarctus du myocarde et angioplastie sans thrombose du stent (+6), une insuffisance cardiaque passée (+3), sans insuffisance rénale (+0), ni maladie artérielle périphérique (+0), ni atteinte de l'interventriculaire (+0), a un score de 19 ce qui entraîne une prédiction de mortalité de 12,4 % (on remarquera la précision de la prédiction au dixième de pour cent).

⁵⁶⁹ Selon le site internet de la *Société Française de Médecine d'Urgence* (SFMU), <http://www.sfm.org/calculateurs/glasgow.htm#Commentaire>.

⁵⁷⁰ WU C. *et al.*, "A risk score to predict in-hospital mortality for percutaneous coronary interventions" in *J Am Coll Cardiol*. 2006 Feb 7;47(3):654-60. Epub 2006 Jan 4.

⁵⁷¹ Selon le site internet de *Médecine & Hygiène* : <http://www.medhyg.ch/scoredoc/content/view/full/443>.

Ces scores sont épistémologiquement caractérisés par une prégnance technico-empirique majeure et construits à partir de données statistiques. Si l'on ne peut en éliminer une composante théorique, cette dernière est éminemment restreinte, comme en témoigne le score de Glasgow pour lequel la dominante technico-empirique est évidente. On perçoit comment ces scores ont été réalisés, par tâtonnement, pour essayer de « coller » au plus proche d'une normativité médicale réelle ou supposée. Si dans les cas précédents, l'on pouvait s'interroger sur la qualité du soutien de la temporalité de l'énoncé singulier futur déduit logiquement de l'universalité supposée de la théorie, nous sommes ici dans une situation de légitimité théorique encore plus délicate si ce n'est impossible. L'unique légitimité envisageable ici s'inscrit dans la seule démarche statistique. La réfutabilité des pronostics de surmortalité ou des scores pronostiques, de même que pour l'étiologie de paranoïa et des rêves comme satisfaction de désirs, doit être établie en termes de probabilité fréquentielle et ne peut donc se comprendre pour un sujet isolé mais pour un groupe suffisamment étoffé d'individus. Les valeurs de surmortalité présentées ici ont été calculées à partir de registres comprenant plusieurs centaines de milliers de personnes⁵⁷², ceux du « score cardiaque » proviennent des données recensées par les hôpitaux de New-York (environ 50 000 patients). Il est tout à fait possible de formaliser ces données afin d'en présenter une réfutation statistique selon la même méthodologie que celle utilisée pour les travaux de Grünbaum. De ce point de vue strictement statistique, ces énoncés sont réfutables *ex ante facto* par des énoncés contraires. La difficulté (technique) résulte moins dans l'objectivité du résultat (mort ou survie) que dans l'évaluation de la quote-part de la responsabilité de la pathologie sur le décès du patient. Mais il faut bien alors voir que la validité épistémique d'une réfutabilité statistique engage seulement l'aspect statistique de la question et qu'elle ne saurait résider directement dans le système théorique qui la subsume. Le soutien de la temporalité de ces types de

⁵⁷² Par exemple le registre de la base de données *Francim*, <http://www.invs.sante.fr/applications/cancers/francim2010/default.htm>

prédictions qui s'appuie sur les seules données statistiques au détriment du système théorique pose donc un nouveau déficit épistémologique.

Les quelques exemples précédents mettent en avant la diversité des prédictions en science ou en technoscience (comme la médecine). On est assez loin du paradigme poppérien de la rupture d'un fil sous l'effet de sa masse où la prédiction, caricaturale, repose sur le strict déterminisme. La prédiction perd souvent en précision (ce qui d'un point de vue épistémologique – contrairement aux apparences - peut être un indice de scientificité) et quand elle essaie d'en produire une certaine forme (dans l'objectif de « paraître » plus scientifique), cette dernière est souvent usurpée⁵⁷³. De façon générale, ces exemples ont montré un soutien théorique des énoncés prédictifs existentiels futurs souvent assez ténu, en se limitant plutôt à une réfutabilité uniquement statistique. Dans un registre encore plus problématique, citons le cas de la futurologie qui déclare satisfaire aux critères des sciences. L'informaticien Raymond Kurzweil, adepte de la futurologie contemporaine, s'est fait connaître par ses nombreuses prédictions, notamment technologiques. Dès 1986, il annonçait la victoire prochaine aux échecs de l'ordinateur sur l'homme, la miniaturisation de l'informatique, l'arrivée des téléphones portables, et dans un tout autre domaine, l'effondrement de l'URSS. De même il prédit aussi développement fulgurant du web, le séquençage rapide du génome humain. Il annonce qu'en 2030 le soleil fournira 100% des besoins énergétiques planétaires⁵⁷⁴. La futurologie se positionne aux frontières de la science. Elle s'appuie sur l'étude des tendances actuelles pour en extrapoler les tendances à venir. Mais comme pourrait le rappeler Popper, « *Des tendances générales ne sont pas des lois. Un énoncé affirmant l'existence d'une tendance est existentiel, non pas universel*⁵⁷⁵ ». Il s'agit

⁵⁷³ On peut comparer, dans une certaine mesure, la précision de prédiction de mortalité de 12,4 % présentée (score de Wu *et al.*), avec la date de séparation de la Terre avec le soleil par Buffon (74 832 ans) que Bachelard caractérise comme esprit préscientifique.

⁵⁷⁴ KURZWEIL Ray, *Humanité 2.0 La bible du changement* (2005), traduction d'Adeline Mesmin, M21 Editions, 2007.

⁵⁷⁵ POPPER Karl R., *Misère de l'historicisme* (1956), *op.cit.*, p. 145.

bien, en effet, d'énoncés singuliers futurs, mais cependant ils ne peuvent pas être compris comme de pures spéculations sans aucun fondement, telles celles issues de l'observation d'une boule de cristal. Il doit exister une certaine base théorique mais dont l'identification précise semble bien difficile. Un facteur décisif déterminant la qualité de la prospective est associé à la personnalité même du futurologue, ce qui sous-entend une forte composante non objectivable à rapprocher d'une certaine mystique. La prospective scientifique et technologique est un mixte théorico-mystique dont la réfutabilité *ex ante facto* est impossible en absence d'une assise théorique clairement exprimée, à défaut d'une réfutabilité statistique.

Dans le but de préciser le crédit que l'on peut apporter à la prévision météorologique, les prévisionnistes associent depuis mai 1999 un indice de confiance compris entre 1 et 5 pour les (nouvelles) prévisions de J+4 à J+7. De la même façon, l'épistémologue est confronté à la fiabilité des très nombreuses prédictions qui ont cours dans des domaines très variés. Les prédictions effectivement réalisées au quotidien ou celles que l'on trouve dans la littérature scientifique et de vulgarisation obéissent à des réquisits très différents et à des réfutabilités et réfutations différentes. Pour clarifier la situation, nous proposons d'introduire un concept opératoire, celui de *type de prédiction* que l'on pourra éventuellement associer à un indice de confiance à la façon des météorologues.

4. Typologie des prédictions

Pour répondre donc à l'hétérogénéité des prédictions en terme de scientificité, de prises de risques, de crédit (ou d'indice de confiance), mise en évidence à travers les exemples présentés dans les chapitres précédents, nous proposons de classer, de façon que nous espérons exhaustive, les systèmes prédictifs empiriques en huit principaux types. Le tableau 6 présente un résumé des principales caractéristiques de cette typologie, caractéristiques présentées et explicitées par la suite.

Types prédictifs	Caractéristiques principales des prédictions	Réfutabilité <i>ex ante facto</i>	Réfutation empirique possible
P_{my} Prédictions mystiques	Prédictions singulières isolées = prophéties	Non	Oui
P_{D-N} Prédictions à partir d'un modèle D-N d'explication	Prédictions absolues à partir d'une loi ou d'une théorie répondant au modèle D-N d'explication	Oui	Non logiquement Oui en pratique
P_e Prédictions inédites extraordinaires	Prédictions de phénomènes inédits généralement à partir d'une loi physicomathématique	Oui	Oui
P_i Prédictions inductives	P_{ie} Prédictions acausales par extrapolation empirique	Non	Oui
	P_{ic} Prédictions sur la base d'une relation causale postulée	Oui	Oui
	P_{isc} Prédictions statistiques causales : relation causale postulée à partir d'une base statistique (modèle I-S d'explication).	Oui statistiquement (Non par un énoncé de base)	Oui statistiquement (Non par un énoncé de base)
P_{st} Prédiction statistique théorique	Prédictions statistiques acausales à partir d'une théorie (modèle D-S d'explication).	Oui statistiquement (Non par un énoncé de base)	Oui statistiquement (Non par un énoncé de base)
P_{mi} Prédictions mixtes	Prédictions composées de différents types prédictifs d'importances variables	Fonction de sa composition	Oui

Tableau 6 – Les prédictions empiriques et leurs principales caractéristiques

1) Prédictions mystiques (ou prophéties), P_{my}.

Ce type correspond à des énoncés prédictifs que l'on qualifiera de mystiques au sens étymologique du terme, « relatifs aux mystères », c'est-à-dire connus des seuls initiés (du grec *mūsticos*, de *mustês*, initié) et formulés indépendamment de toute référence scientifique (réelle ou supposée). On pourrait aussi les qualifier de prédictions ésotériques dans le sens où elles sont réservées aux adeptes d'une croyance ou d'une pratique spécifiques. Il s'agit d'énoncés existentiels futurs, stricts ou restreints, qui ne relèvent pas du cas général. La prédiction est généralement revendiquée comme un don ou comme un acte divinatoire qui ne peut être maîtrisé et compris que par les initiés, tels les oracles et les prophètes. Les prédictions de Paul le poulpe présentées précédemment, comme celle de la *mantikê tékhnê*, les prophéties de fin du monde, les voyances etc., se rangent dans cette catégorie. Comme nous l'avons expliqué, d'un point de vue épistémologique, ces prédictions étant des énoncés existentiels futurs isolés, elles ne sont pas réfutables¹ *ex ante facto*.

Notre quotidien est envahi par ces prédictions mystiques relayées par les médias. Elles peuvent s'immiscer et polluer subrepticement la sphère scientifique.

2) Prédictions du modèle D-N d'explication, P_{D-N}

Comme nous l'avons rappelé précédemment, le modèle hempéliano-poppérien, a été dressé comme le standard majeur, si ce n'est unique, de l'épistémologie de la seconde moitié du XXe siècle. Son hégémonie a pris racine dans la mécanique classique, paradigme de toute science, puis a été renforcée par les volontés d'auteurs réductionnistes tel Ernst Nagel⁵⁷⁶ convaincus de l'unité méthodologique, comme théorique, de la science.

Nous aurons l'occasion de discuter de la valeur universelle du modèle D-N d'explication, notamment en ce qui concerne son adéquation à la biologie, pour l'heure l'on

⁵⁷⁶ NAGEL Ernest, *The Structure of Science*, Harcourt, Brace and World, Inc., New York, 1961, pp. 352 et suivantes.

voit immédiatement, en observant la diversité des types prédictifs présentés, que ce n'est que dans certains cas que la prédiction peut être éventuellement identifiée à une explication causale nomologique.

Précisons qu'il ne s'agit pas ici de justifier ou de récuser l'effectivité du modèle D-N d'explication, l'existence d'un déterminisme, celle d'une réalité ontologique ou métaphysique⁵⁷⁷ de la causalité nécessaire, des problèmes de traduction entre l'expression mathématique, la théorie physique et les faits d'observation, toutes choses importantes par ailleurs, mais de situer ces systèmes déterministes, dont nous prenons acte, dans une hiérarchie prédictive. Par exemple, nous nous ne soucierons pas de la sensibilité du système aux conditions initiales (théorie du chaos), ni pour l'exemple précédent, de la justification de l'attraction à distance de la bille par la Terre, ni de la qualité de la « déduction mathématique » comme le recherche Pierre Duhem⁵⁷⁸, si le scientifique ne le juge pas nécessaire (« *hypotheses non fingo* » de Newton). En d'autres termes peu nous importe ici d'être certain de savoir si le lien de causalité subsumé par la loi formelle est effectivement déterminé. Comme le souligne Popper :

« La théorie de Newton, qui consiste en la loi de l'inertie, la loi de la pesanteur, etc., est peut-être vraie, ou au moins très approximativement vraie ; c'est-à-dire qu'il se peut que le monde corresponde à ce que dit la théorie. Et pourtant, cette théorie n'affirme nulle part que le monde est déterminé. C'est plutôt la théorie elle-même qui est d'un caractère que j'ai appelé *prima facie* déterministe⁵⁷⁹ ».

C'est au moment où le chercheur écrit sa loi ou élabore son système théorique, auquel donc il adhère (et pourront adhérer par la suite un nombre plus ou moins important de scientifiques, mais aussi de techniciens, d'étudiants, d'élèves etc.), qu'est déterminée la valeur du lien de causalité. Il est tout à fait possible qu'aucun système prédictif construit sur une causalité

⁵⁷⁷ Ou analytique (tautologique) ou synthétique (relative à la réalité) comme le dirait Popper, *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p. 59.

⁵⁷⁸ « Une déduction mathématique, issue des hypothèses sur lesquelles repose une théorie, peut donc être utile ou oiseuse selon que, des conditions *pratiquement données* d'une expérience, elle permet ou non de tirer la prévision *pratiquement déterminée* du résultat ». DUHEM Pierre, *La théorie physique, son objet, sa structure* (1906), Vrin, Paris, 1981, pp. 204, 205.

⁵⁷⁹ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique II, L'Univers irrésolu, Plaidoyer pour l'indéterminisme* (1982), Paris, Hermann, 2008, p. 37.

absolue n'existe réellement, cependant d'un point de vue épistémologique poppérien, parce que la théorie est *prima facie* déterministe, sa réfutabilité univoque lui permet d'accéder à la scientificité.

Cependant, concernant la démarche de Popper relative à sa méthodologie falsificatrice, une importante ambiguïté apparaît quand elle est associée à la notion de prédiction. Comme nous l'avons rappelé dans notre première partie, tester une théorie c'est avant tout rechercher des cas où elle se trouverait réfutée. « Une loi n'affirme pas l'existence ; au contraire : (...), elle énonce l'impossibilité de telle ou telle chose⁵⁸⁰ ». Or une prédiction, ainsi qu'on l'entend généralement, n'a pas pour objectif de mettre en défaut la théorie mais bien de prévoir un événement grâce à la théorie. Quand Popper annonce « Ce fil se rompra », nous sommes en réalité dans une logique de vérification puisqu'il cherche à vérifier la loi universelle : « Pour tout fil d'une structure donnée S (déterminée par sa matière, son épaisseur, etc.), il y a un poids caractéristique P tel que le fil rompra si un poids excédant P lui est suspendu ». Dans ce cas-là, une prédiction dans le droit fil de l'orthodoxie falsificatrice devrait consister en des énoncés contradictoires vis-à-vis de la théorie et donc plutôt peu probables (et il ne s'agira pas alors exactement d'une « situation réelle observable »). L'ambiguïté vient du fait qu'initialement la méthode de Popper s'appuie sur la recherche de théories audacieuses, « à risque », c'est-à-dire peu probables donc en contradiction avec des énoncés prédictifs (par contre assez probables qui sont les tests du *modus tollens*), ce qui ne correspond pas du tout au modèle D-N d'explication, qui une fois corroboré se trouve être ni audacieux ni peu probable car la prédiction est une simple application du système (contrairement aux prédictions **Pe**). Dans ce cas, on ne devrait même pas parler de corroboration car cette dernière exige une hypothèse audacieuse très peu probable ce qui n'est jamais le cas pour le modèle D-N d'explication. En résumé, contrairement à ce qu'affirme Popper, la prédiction

⁵⁸⁰ POPPER Karl R., *Misère de l'historicisme* (1956), *op.cit.*, pp. 145, 147.

dérivée de l'*explicans* est plutôt une confirmation de la nomicité du modèle qu'une véritable recherche de réfutabilité (bien que cette dernière soit possible). Cette remarque est tout sauf anodine, car elle met en relief le fait que, dans un contexte pourtant seulement théorique, la démarche fondamentalement falsificatrice de Popper se mute, en son corps défendant, en une démarche de confirmation, comme nous le montrerons de façon plus complète en partie III.B. Il s'ensuit donc logiquement que si la prédiction répond réellement au modèle D-N d'explication (et uniquement dans ce cas), elle ne sera donc pas réfutable empiriquement car le test (s'il y a lieu) sera toujours positif. Cette situation apparemment paradoxale, où une théorie est potentiellement réfutable mais ne sera jamais réfutée empiriquement dérive de l'assimilation de la loi à une vérité certaine.

Signalons que ce système prédictif absolu (dont la physique newtonienne est un exemple paradigmatique), comprend bien souvent des exceptions à la marge (des réfutations), qui n'engagent pas pour autant l'ensemble de la théorie déductive (« falsificationnisme sophistiqué »). Par exemple, en chimie atomique, la théorie RPECV (théorie de la répulsion des paires d'électrons de la couche de valence, VSEPR en anglais) de R.J Gillespie (né le 21 août 1924), permet de prédire la géométrie des molécules (liaisons multiples, structure spatiale, angles, longueur des liaisons...) à partir du nombre d'électrons de la couche de valence. Mais quand le choix d'un atome central est impossible, ou que la molécule est complexe, elle reste plus difficile sinon impossible à appliquer. Par exemple, tous les atomes de la molécule d'éthylène ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) sont situés dans un même plan, ce qui est impossible de prévoir avec le modèle. Ainsi les prédictions $\mathbf{P}_{\text{D-N}}$ sont, d'un point de vue théorique, empiriquement irréfutables mais quelques fois réfutées (sans pour autant que la loi soit rejetée).

3) Prédictions inédites extraordinaires, Pe.

Ce troisième type concerne les énoncés scientifiques qui répondent intuitivement à la composante extraordinaire d'une prédiction, extraordinaire au sens littéral où elle n'est pas le fruit attendu d'un ordre⁵⁸¹ subsumé sous une loi et résultant d'un simple déterminisme causal (**P_{D-N}**), mais qu'elle annonce un phénomène totalement inédit et généralement inouï au regard de l'état des connaissances du moment. C'est pour cela que l'on parle, non pas de prévisions, mais bel et bien de prédictions comme on pourrait le dire de la prédiction d'un devin (**P_{my}**). Ce type peut être rapproché du troisième réquisit nécessaire au progrès de la connaissance tel que Popper le présente dans *Conjectures et réfutations* :

« [La nouvelle théorie] ne doit pas seulement expliquer tous les phénomènes qu'on la destine à élucider, mais il est nécessaire qu'elle comporte des conséquences nouvelles et susceptibles d'être testées (d'un type inédit de préférence) : elle doit permettre de prédire des phénomènes qui n'ont pas été prédit jusqu'alors⁵⁸² ».

Dans le *Post-scriptum*, Popper parle de nouveaux domaines d'application des théories : alors qu'un premier « genre de prédiction porte sur des événements d'espèce connue. Le second type de prédiction correspond à la prédiction d'événements tels qu'on en avait jamais imaginés de semblables avant que la nouvelle théorie ne soit formulée – événement dont la possibilité même nous est révélée par la théorie⁵⁸³ ». Pour William Whewell et Charles Sanders Peirce, le seul test méthodologique décisif d'une théorie se trouve justement dans sa capacité à émettre des prédictions surprenantes⁵⁸⁴. La prédiction d'Einstein que nous avons rappelée dans la partie précédente correspond à ce type prédictif. De même, la théorie de la relativité générale

⁵⁸¹ Ordinaire du latin *ordinarius*, « rangé par ordre ».

⁵⁸² POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique* (1963), *op.cit.*, p. 357.

⁵⁸³ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1956), *op.cit.* p. 135.

⁵⁸⁴ Voir par exemple, LAUDAN Larry, *Science and Hypothesis, historical essays on scientific methodology* (1981), D. Reidel Publishing Company, Dordrecht : Holland / Boston : USA / London : England, 2010, chapitres 8 et 10.

prédit l'existence d'ondes gravitationnelles, encore jamais directement identifiées car de très faible intensité ; par contre, certains effets prévus par ces ondes ont été mis en évidence⁵⁸⁵.

Ces prédictions, une fois corroborées (étant peu probables, on peut ici vraiment parler de corroboration contrairement aux prédictions \mathbf{P}_{D-N}) sont toujours spectaculaires et souvent stupéfiantes. On peut citer en exemples les prédictions des ondes électromagnétiques⁵⁸⁶ par James Clerk Maxwell en 1873 (à partir des équations dites de Maxwell) et mises en évidence par Heinrich Hertz en 1887, du fond diffus cosmologique (rayonnement à 3 K) à la fin des années 1940, issu du rayonnement du Big Bang, de Georges Gamow, Raph Alpher et Robert Herman et découverte fortuitement en 1964 par Arno A. Penzias et Robert W. Wilson ou aussi la prédiction de Paul Dirac. Rappelons qu'en 1928, dans le cadre de sa mécanique quantique relativiste de l'électron correspondant à une tentative pour incorporer la relativité restreinte à des modèles quantiques, Dirac élabore une équation (appelée par la suite équation de Dirac⁵⁸⁷) qui décrit le comportement de particules élémentaires de spins demi-entiers, comme les électrons. Outre la solution correspondant à l'électron, il s'aperçoit qu'une autre solution est possible, celle correspondant à une particule d'énergie négative de charge opposée à celle de l'électron, un antiélectron. Plus généralement, chaque particule doit ainsi avoir son antiparticule d'où la prédiction de l'existence de l'antimatière. C'est le physicien Carl Anderson, en 1932, qui en étudiant les rayons cosmiques, découvre sur les photographies prises dans sa chambre à brouillard, les traces de particules étranges, ayant même masse que celle de l'électron mais une charge opposée. Ce sont les antiélectrons prédits par Dirac, qui seront baptisés « positrons ». Bien que l'annonce de l'existence de l'antimatière corresponde à un énoncé existentiel strict (« il existe des antiélectrons ») ce dernier n'est ni isolé d'un système théorique tel que pourrait l'être l'énoncé « il existe des soucoupes volantes », ni la

⁵⁸⁵ Russell Hulse et Joseph H. Taylor ont montré que le pulsar binaire PSR B1913+16 perdait de l'énergie sous la forme d'ondes gravitationnelles, conformément aux prédictions de la relativité générale.

⁵⁸⁶ Qui plus est, ces ondes électromagnétiques devaient avoir une célérité identique à celle de la lumière.

⁵⁸⁷ $(i \gamma \cdot \partial - m) \psi = 0$, voir par exemple JACOB Maurice, Au cœur de la matière, Editions Odile Jacob, Paris, 2001, p. 293.

résultante d'une « observation » unique (les antiparticules sont phénoménologiquement caractérisables de façon répétitive). Pour paraphraser Popper, « si l'hypothèse selon laquelle il existe un positron doit être formulée de manière à pouvoir être soumise à des tests, il faudra bien plus qu'un énoncé existentiel au sens strict⁵⁸⁸ ». Signalons aussi l'identification récente par les chercheurs du CERN (4 juillet 2012), du boson scalaire de Higgs dont l'existence avait été prédite par Robert Brout, François Englert et Peter Higgs dans les années 1960.

Ces prédictions **Pe** ont une place déterminante en science parce qu'au-delà de leur aspect sensationnel, elles apportent la preuve que le système théorique qui les a enfantées recèle une certaine vérité. Etant données qu'elles procèdent d'un lien déductif logique entre la théorie et l'évènement ou l'existence annoncés, il s'agit toujours de systèmes réfutables définitivement, par ailleurs souvent corroborés fortuitement. Il n'est donc pas étonnant que ces prédictions soient généralement produites par des lois physico-mathématiques. Néanmoins nous en rencontrerons un exemple en biologie moléculaire lors de l'étude de la démarche justificative de Jacques Monod (section III.A.2). Cependant, comme cela a été dit pour les systèmes D-N d'explication, l'histoire des sciences montre que c'est plutôt la confirmation (ici la corroboration) de la prédiction qui est recherchée plutôt que sa réfutation.

(3) Prédictions inductive, **Pi**

L'induction consiste, à partir d'un certain nombre de propositions singulières, à formuler une proposition générale qui peut être tenue comme vraie. *La Logique de Port-Royal* en donne l'exemple suivant :

« Lorsqu'on a éprouvé sur beaucoup de mers que l'eau en est salée, et sur beaucoup de rivières que l'eau en est douce, on conclut généralement que l'eau de mer est salée et celle des rivières douce⁵⁸⁹ ».

On parle aussi d'induction amplifiante (ou ampliative) pour souligner l'accroissement de la connaissance qu'elle implique⁵⁹⁰. Cette généralisation inductive « du particulier au

⁵⁸⁸ Voir POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p. 68.

⁵⁸⁹ ARNAUD Antoine & NICOLE Pierre, *La logique ou l'art de penser (Logique de Port-Royal)* (1662), 3^e partie, ch. XIX, § 9, Edition Belin d'Alfred Fouillée, Paris, 1878, p. 258.

général » permet de construire des prédictions. De nos observations quotidiennes de la « levée du soleil », nous en inférons que le soleil se lèvera demain. Ainsi que l'a dénoncé David Hume⁵⁹¹, la croyance en l'induction découle de l'association et de l'habitude, et que donc tout raisonnement qui part d'observations singulières et de leur répétition pour en induire des régularités ou des lois, ne peut être valide (ni même partiellement valide) quel que soit le nombre de cas observés. Comme nous l'avons mainte fois indiqué, l'étude du « problème de l'induction » a été le cheval de bataille de Popper. Concernant l'aspect logique du problème, l'induction n'est pas valide⁵⁹², c'est pourquoi la prédiction « le soleil se lèvera demain » n'est pas réfutable en absence de théorie dûment construite⁵⁹³ ; on retrouve bien l'irréfutabilité *ex ante facto* des énoncés singuliers futurs isolés de notre nomenclature. Il n'empêche que d'un point de vue psychologique, comme Popper le fait remarquer, « presque tout le monde y croit, y compris nombre de psychologues (...), nombre de biologistes et bon nombre de physiciens⁵⁹⁴ ». Le raisonnement inductif fait partie de notre pratique quotidienne, Hume le tenait pour vrai en pratique, et il n'est pas sûr que sa place ne soit pas prépondérante dans certaines disciplines scientifiques comme la biologie, même s'il est susceptible d'entraîner des erreurs. Les observations répétées, de 1961 à 1964 par Marshal W.

⁵⁹⁰ L'induction amplifiante des sciences empiriques se distingue ainsi de l'induction complète mathématique (raisonnement par récurrence établi par Poincaré) et l'induction complète logique (tous les cas particuliers existant ont été vérifiés, c'est le syllogisme inductif d'Aristote), voir par exemple : LALANDE André, *Vocabulaire technique et critique de la philosophie* (1926), Paris, collection Quadrige, PUF, 2002, pp. 507, 508.

⁵⁹¹ «Il n'y a rien, en aucun objet considéré lui-même, qui puisse nous donner une raison de tirer une conclusion qui le dépasse et même après l'observation de la conjonction fréquence ou constante des objets, nous n'avons aucune raison de tirer une inférence quelconque à propos d'un objet autre que ceux dont nous avons eu l'expérience ». HUME David, *L'entendement, Traité de la nature humaine* (1739), Livre I, traduction de P. Baranger et P. Saltel, GF Flammarion, 1995, p. 211.

⁵⁹² L'argumentation anti-inductiviste de Popper peut être résumée de la façon suivante: (1) le principe d'induction doit être un énoncé universel, (2) sa vérité est connue par expérience (sinon il s'agit d'une position dogmatique ou de psychologisme), (3) sa justification nécessite elle-même des inférences inductives qui (4) doivent être justifiées par un principe inductif d'ordre supérieur etc. Tout raisonnement qui tente de justifier la pratique de l'induction par le recours à l'expérience entraîne donc nécessairement une régression à l'infini. De plus, d'un point de vue logique, Popper fait valoir que le principe d'induction doit être nécessairement non réfutable. Dans le cas contraire, il serait naturellement réfuté, avec la première théorie réfutée. Il faudrait donc postuler que le principe d'induction est irréfutable donc valide *a priori* ; de même que son proche parent, la « loi de causalité », la croyance en la validité du principe d'induction est donc métaphysique. POPPER Karl, *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p. 23 et suivantes.

⁵⁹³ Voir section III.D.4.

⁵⁹⁴ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1956), Paris, Hermann, *op.cit.*, p. 59.

Nirenberg⁵⁹⁵ et ses collaborateurs, d'une correspondance (non bijective) invariable d'un codon spécifique de l'ARNm avec un acide aminé précis, pour les 64 codons possibles et pour un grand nombre d'espèces vivantes, lui fait inférer que le code génétique est universel. Ainsi il prédit, par exemple, que « tout organisme vivant qui porte la séquence CUG dans un de ses ARNm associera, lors de la synthèse protéique, l'acide aminé leucine ». Cet énoncé existentiel futur n'étant pas porté par une théorie causale, il n'était pas réfutable : il n'y a rien qui témoignait en 1964 de l'existence d'une autre correspondance possible. L'on connaît actuellement certaines exceptions au code génétique : par exemple, chez certains champignons *Candida*, comme *C. albicans*, le codon CUG code pour la sérine en lieu et place de la leucine. L'universalité du code génétique est donc réfutée. Cependant, cela n'empêche pas que la généralisation inductive opérée par Nirenberg ait toujours une certaine valeur scientifique ; il n'y a qu'à ouvrir n'importe quel livre de biologie cellulaire ou moléculaire pour s'apercevoir que le code génétique y tient une place fondamentale (mais pourtant pas fondé *sub specie æternitatis*).

Si les prédictions inductives sont toutes caractérisées par le passage du particulier au général, il en existe des différences significatives. On perçoit bien, à travers les exemples, que les cas de figure ne sont pas identiques. Celui des eaux douces et salées de la *Logique de Port-Royal* nous semble bien receler quelque vérité comparativement au joueur qui croit que parce que la boule de la roulette est tombée cinq fois sur « rouge », il en sera de même la fois suivante (sophisme de Monte-Carlo). Nous dissociérons les prédictions inductives qui s'élaborent par extrapolation empirique (**Pie**) sans affirmer une relation causale généralisée, des prédictions inductives causales qui se construisent sur des corrélations qualitatives (**Pic**) ou quantitatives (prédictions inductives statistiques : **Pis_c**)

⁵⁹⁵ Prix Nobel de médecine en 1968 pour ses travaux sur le code génétique.

(3a) Prédictions inductives par extrapolation empirique. **Pie**. Ce type de prédiction qui généralise empiriquement un certain nombre de faits observés est parfois nommé « induction énumérative⁵⁹⁶ ». De mon observation quotidienne que les merles sont noirs (énumération), j'en infère que tous les merles sont noirs (généralisation) ; et cela jusqu'au jour où je rencontre un merle albinos. Ces généralisations, qui ne sont pas à proprement parler des lois, demeurent communes en biologie ; on pourra dire, par exemple, de même, des acides aminés du vivant qu'ils sont tous lévogyres. Contrairement à une prédiction mystique où la prophétie ne repose sur aucun fait tangible, ici la prédiction est énoncée à partir de l'extrapolation de l'évolution temporelle ou de la répartition spatiale d'une variable donnée. La « loi » de Moore dans le domaine informatique en est un bon exemple. Constatant que la complexité des semi-conducteurs proposés en entrée de gamme doublait tous les ans à coût constant depuis 1959, date de leur invention, Moore postula en 1965 la poursuite de cette croissance. Puis il réévalua sa prédiction (1975) en posant que le nombre de transistors des microprocesseurs sur une puce de silicium double tous les deux ans. Bien que cette prédiction se trouve être étonnamment exacte, elle devrait être réfutée dans un futur proche, confrontée aux problèmes de dissipation thermiques et aux effets quantiques. Ces extrapolations empiriques peuvent aussi se construire à partir de données statistiques. Le modèle en est le sondage, méthode d'étude statistique d'une population humaine. S'agissant plutôt d'une photographie d'un « échantillon représentatif » de la population, la notion même de prédiction est discutable. La seule prédiction se réduit à une projection généralisée des données observées *hic et nunc*. On retrouve ce type de prédiction dans les paris qu'ils soient sportifs (prédiction statistique des résultats de football), en relation avec les cours de bourse, les élections ou le chiffre d'affaires d'une entreprise (marchés de prédiction). Bien que susceptibles d'être contredites par

⁵⁹⁶ Voir par exemple : NADEAU Robert, *Vocabulaire technique et analytique de l'épistémologie*, Paris, PUF, 1999, p. 324. Cependant, concernant les formes d'induction, les termes utilisés pour les caractériser varient beaucoup en fonction des auteurs. Parfois l'induction énumérative est associée à l'induction complète logique.

d'autres prédictions du même type, ces prédictions ne prétendant à aucune causalité⁵⁹⁷ sont irréfutables *ex ante facto* et donc assez éloignées des plus hautes exigences de scientificité. On ne confondra pas la prédiction en elle-même et la méthodologie statistique qui peut obéir à un certain nombre d'impératifs scientifiques (échantillonnage, marge d'erreur, processus de Markov...).

(3b) Prédictions inductives causales, **Pic**. La causalité est le proche parent de l'induction. Les observations de corrélations répétées entraînent généralement la croyance en une relation causale, qu'elle soit réelle ou imaginaire. Ce type de prédiction se retrouve en science mais aussi fréquemment dans les pseudosciences où elles sont avancées sans aucunes garanties. La méthodologie falsificatrice poppérienne devrait trouver ici sa véritable application puisqu'elle est censée permettre, à partir de la confrontation d'un énoncé universel avec les données empiriques, de statuer sur la scientificité de l'énoncé construit autour d'une « explication causale complète⁵⁹⁸ ». Elle devrait être en mesure de débusquer les pseudo-causalités affirmées par les adeptes des pseudosciences mais aussi les activités scientifiques paralogiques.

En science, ce type de prédiction est assez fréquent dans des domaines, comme la biologie, où le modèle D-N d'explication est difficilement applicable (voir partie III.C). C'est souvent ce que l'on y appelle des « lois » ou plus correctement des règles empiriques. Citons par exemple la règle de Bergmann : elle corrèle la température de l'environnement avec la masse du corps chez les animaux homéothermes. Les individus d'une espèce particulière, dans les climats froids, tendent à avoir une masse corporelle plus importante que ceux qui sont natifs d'une contrée plus chaude. Par exemple récemment, une étude⁵⁹⁹ portant sur l'analyse géochimique des dents du plus ancien équidé connu, *Sifrhippus* (- 55 millions d'années) a

⁵⁹⁷ Voir section III.C.2.

⁵⁹⁸ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), p. 58.

⁵⁹⁹ SECORD Ross *et al.*, "Evolution of the Earliest Horses Driven by Climate Change in the Paleocene-Eocene Thermal Maximum" in *Science*, 24 February 2012, Vol. 335 no. 6071 pp. 924-925.

montré que sa masse moyenne était passée de 5,6 à 3,9 kilogrammes lors du réchauffement (+ 5 °C) puis est remonté à 7 kilogrammes alors que la température redescendait. Cette règle empirique se comprend par une relation causale simple entre le ratio surface et volume du corps et la dépense thermique (proportionnellement, les gros animaux irradient moins de chaleur corporelle). Ces règles empiriques, quoique généralement réfutées à la marge sont souvent vérifiées.

Dans le domaine de la santé publique, il est parfois difficile de conclure sur l'existence d'une relation causale postulée notamment dans le cadre du rapport bénéfice-risque d'un médicament. Pour de nombreux vaccins, une forte présomption de cause à effet existe entre la vaccination et la survenue éventuelle d'effets secondaires graves (hépatite B, Papillomavirus etc.). En absence actuelle d'explications physiopathologiques établies, la politique de santé publique doit essentiellement s'appuyer sur des études épidémiologiques donc statistiques (**Pi_{sc}**).

Dans les domaines pseudo-scientifiques, les raisonnements s'appuient sur l'association d'évènements dont la dépendance n'est pas démontrée et que la philosophie classique a l'habitude de qualifier de sophistiques. L'erreur a pour origine l'interprétation donnée à l'observation de succession d'évènements, ou de phénomènes corrélés. La scientificité supposée de ces types de prédiction est résumée généralement par les deux locutions latines suivantes : *Post hoc ergo propter hoc*⁶⁰⁰ (« A la suite de cela donc à cause de cela ») et *Cum hoc ergo propter hoc* (« Avec ceci donc à cause de ceci »). Dans le premier cas, en se basant seulement sur l'ordre des évènements, sans tenir compte d'autres facteurs qui pourraient exclure la relation, on prend pour la cause ce qui n'est qu'un antécédent : la séquence temporelle apparaît inhérente à la causalité. C'est ainsi que la peste noire qui atteint Paris en juin 1348 aurait été annoncée par l'observation d'une comète en début d'année (alors que la

⁶⁰⁰ ARNAUD Antoine & NICOLE Pierre, *La logique ou l'art de penser (Logique de Port-Royal)* (1662), *op.cit.*, p. 247.

peste était à Marseille dès 1347). Le *post hoc ergo propter hoc* alimente insidieusement les superstitions à l'origine de comportements irrationnels dont les conséquences à l'échelle des populations sont parfois gravissimes (certaines ethnies sont alors prises comme boucs émissaires).

Cum hoc ergo propter hoc prétend que si deux événements sont corrélés, alors il existe un lien de cause à effet entre eux, un des deux étant la cause du second. Evidemment un raisonnement logique doit entrevoir d'autres possibilités : l'évènement considéré comme cause pourrait être en réalité la conséquence, d'autres facteurs non identifiés interviendraient causalement dans les deux phénomènes observés, ou il s'agirait d'une simple coïncidence due au hasard. On observe, par exemple, une corrélation entre la réussite des étudiants en première année de médecine et l'option choisie en terminale scientifique : ceux qui ont suivi un cursus plus mathématique réussissent proportionnellement mieux que, par exemple, les biologistes. Nombreux, parmi les mathématiciens en infèrent que les mathématiques préparent mieux, alors que la proportion des mathématiques au concours commun des études médicales est de l'ordre de 40/650. Plutôt que de privilégier une telle relation de causalité, on peut formuler d'autres explications comme celle qui met en avant le niveau supérieur des élèves qui choisissent l'option mathématiques à l'issue de la première (les mathématiques opèrent comme un filtre sélectif) : ainsi les élèves issus de l'option mathématiques ne réussiraient pas mieux la première année de médecine par leur habileté en mathématique, mais parce qu'ils sont intrinsèquement de « meilleur niveau ».

Bien souvent le décalage temporel de la corrélation renforce la conviction de la causalité, ce qui conduirait à la locution suivante : *post et cum hoc ergo propter hoc*. Signalons aussi la confusion entre causalité et causalité bijective. Qu'un phénomène soit la cause d'un second n'entraîne pas obligatoirement que l'apparition du second soit déterminée par le premier, plusieurs causes pouvant avoir le même effet. Henri Broch, professeur de

zététique à l'Université de Nice-Sophia Antipolis a mis en évidence, conjointement à de nombreux autres biais méthodologiques, un tel « effet paillason⁶⁰¹ » dans les travaux de J. Benveniste relatifs à « la mémoire de l'eau ». Les granulocytes basophiles ont comme propriétés de libérer leurs granules d'histamine quand ils sont mis en contact avec des anticorps anti-IgE qui se lient avec leur anticorps membranaires IgE. Cette dégranulation s'accompagne d'une modification de leurs propriétés de coloration. Benveniste et ses collaborateurs⁶⁰² ont soumis des basophiles à diverses dilutions d'anticorps, de 10^2 à 10^{120} , de telle sorte qu'il n'existe plus aucun anticorps anti-IgE en solution. Sous la réserve que les dilutions soient accompagnées d'un secouage vigoureux, les très hautes dilutions, donc sans IgE, entraîneraient une dégranulation des basophiles comparable aux faibles dilutions : l'eau conserverait le souvenir des molécules qui ont été à son contact⁶⁰³. Cependant si la dégranulation des granulocytes basophiles implique une modification de leurs propriétés de coloration, cela n'entraîne pas pour autant que l'inverse soit vrai.

3c) Prédictions inductives statistiques causales, **Pis_c**.

Les prédictions inductives statistiques causales ont comme caractéristiques communes de postuler, si ce n'est d'affirmer, une relation de causalité à partir de données statistiques corrélées. Il n'existe pas de construction théorique *a priori* (l'antithèse en est la prédiction extraordinaire **Pe**) mais tout au plus une ébauche explicative *a posteriori*. Ces prédictions incluent le modèle statistico-inductif (I-S) d'explication formalisé par Hempel (1965) sans s'y réduire car ce dernier exige une loi statistique fortement confirmée. Les données statistiques sont très souvent utilisées en science comme dans les domaines pseudo-scientifiques, pour prédire un phénomène à partir d'une relation causale postulée. Alors que les prédictions

⁶⁰¹ « Se mettre au soleil donne chaud, bien sûr ; mais avoir chaud ne prouve pas forcément que l'on soit au soleil ! ». BROCH Henri, *Au cœur de l'extra-ordinaire* (1991), collection zététique, Book-e-Book, 2010, p. 176.

⁶⁰² BENVENISTE et al., « Human basophil degranulation triggered by very dilute antiserum against IgE », in *Nature* vol. 333, Juin 1988, p. 816.

⁶⁰³ Et comme le signale Henri Broch : « Mieux encore, l'eau conserve le souvenir des molécules par le contact de l'eau qui a été au contact de l'eau, qui a été au contact ... etc... qui a été au contact de ces molécules ! ». BROCH Henri, *Au cœur de l'extra-ordinaire* (1991), p. 175.

présentées précédemment sont fondées qualitativement (même si des mesures empiriques quantitatives peuvent évidemment s’y trouver), les prédictions statistiques sont étayées à partir de données quantitatives. Les prédictions statistiques ont tendance à se développer en science, mais aussi dans la vie publique parallèlement à l’augmentation des recensements quantitatifs et des moyens de traitement statistiques. La présence d’un traitement statistique mathématique peut apporter aussi un certain vernis scientifique dont il convient de se méfier. Contrairement aux prédictions causales qualitatives, ces prédictions ne peuvent pas être réfutées par des énoncés de base⁶⁰⁴, car aucune observation potentielle singulière localisée spatiotemporellement n’est susceptible de mettre en échec un énoncé statistique ; seule une réfutation statistique est possible. L’on a vu, à travers les exemples de réfutation statistique en psychanalyse, que la méthodologie est assez simple car il suffit, pour mettre en échec une relation causale statistique, que les pourcentages obtenus soient contraires (c’est-à-dire égaux et par exemple inférieurs) à ceux postulés par la relation statistique. Il est important d’avoir à l’esprit que le test d’une relation causale statistique ne remet en question que la relation statistique postulée mais en aucune façon directement la théorie, quand elle existe, qui est susceptible de la subsumer.

On retrouve fréquemment ce type de prédictions dans les domaines en marge de l’activité scientifique, dans les technosciences et aussi les pseudosciences (voir partie III.B.2 notre étude de la réfutabilité de l’astrologie statistique). Les scores pronostiques issus de la branche prospective de l’épidémiologie en sont un bon exemple. Cette dernière consiste à suivre médicalement une population caractéristique sur plusieurs années afin d’élaborer des scores à risques. L’étude précurseur en la matière est celle de Framingham, petite ville américaine où l’ensemble de la population adulte (près de 5000 personnes) a été suivie

⁶⁰⁴ « Les énoncés de base sont (...) des énoncés affirmant qu’un évènement observable a lieu dans une région particulière déterminée de l’espace et du temps », POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p. 103.

médicalement durant six ans afin d'identifier les facteurs de risques cardiovasculaires⁶⁰⁵. C. Wu de l'Université d'Albany et ses collègues ont identifiés sur la base de données statistiques (environ 50 000 patients des hôpitaux de New-York) une forte corrélation entre différents paramètres (sexe, âge, fraction d'éjection, état hémodynamique, temps entre infarctus du myocarde et angioplastie, insuffisance cardiaque, insuffisance rénale, maladie artérielle périphérique, atteinte de l'interventriculaire) et le risque de mortalité à la suite d'une angioplastie coronarienne. Les scores pronostiques déduits peuvent être réfutés par des données statistiques contraires, par exemple qui seraient obtenus par les hôpitaux de Paris. Dans tous les cas ces réfutations statistiques ne remettent pas directement en question des théories particulières, qui n'ont d'ailleurs pas toujours été clairement formulées (à ne pas confondre avec les théories qui constituent l'arrière-plan de l'étude comme par exemple celle de la circulation sanguine). La théorie sera seulement testée de façon indirecte (car il n'existe pas d'énoncés de base directement falsificateur). Les scores pronostiques (comme celui de Glasgow) doivent être considérées comme des règles empiriques (*Clinical Prediction Rule*) et en aucune façon comme des lois (en absence de théorie initiale).

De façon générale, les prédictions causales statistiques n'échappent pas aux dérives « sophistiquées » dénoncées précédemment (**Pic**). Il est en effet tentant d'affirmer des relations causales à partir de simples corrélations statistiques sans se soucier d'en rechercher une éventuelle réfutation empirique. L'étude de Quinn et de ses collaborateurs⁶⁰⁶ a établi une corrélation entre la présence d'une lampe allumée pendant le sommeil des enfants de moins de deux ans et la proportion de myopes. Le taux de myopie observé parmi ces enfants a en effet été de 55% contre 10% parmi les enfants habitués à dormir dans l'obscurité. Si la lampe est remplacée par une simple veilleuse, l'augmentation du risque de myopie n'est plus que de

⁶⁰⁵ KANNEL W.B., DAWBER T.R., KAGAN A., REVOTSKIE N., STOKES J., *Factors of risk in the development of coronary heart disease—six-year follow-up experience: the Framingham Study*, Ann Intern Med, 1961;55:33-50.

⁶⁰⁶ GEE Henry, "Keep your babies in the dark" in *Nature*, 13 Mai 1999.

3,4. Bien que la conclusion des chercheurs ait été relativement prudente⁶⁰⁷, le titre choisi par le mensuel *Nature*, « Gardez vos bébés dans le noir », a sûrement contribué à transformer une relation causale supposée en certitude. Un an plus tard, l'étude de Karla Zadnik⁶⁰⁸ de l'Université de l'Ohio (qui porte sur 1220 enfants) ne trouva pas, au contraire, de liens entre le développement de la myopie et le fait de dormir la lumière allumée. Elle pointa du doigt un biais méthodologique : l'étude précédente ne prenait pas en compte la myopie des parents. Il existe un facteur héréditaire non négligeable que l'on peut associer à une utilisation plus importante de la lumière à cause de la myopie.

(4) Prédictions statistiques théoriques, **Ps_t**. Parallèlement aux prédictions inductives statistiques qui sont élaborées à partir des seules données empiriques, il existe des prédictions statistiques qui se construisent à partir d'une base théorique. Les prédictions statistiques théoriques sont caractérisées par des systèmes théoriques clairement définis mais qui ne sont pas du ressort d'un déterminisme permettant d'établir des liens de causalité testables par des énoncés de base. Lors de ses « observations relatives à la théorie quantique », Popper fait naturellement référence aux tests statistiques : « [Les mesures et calculs] *sont requis pour soumettre à des tests nos prévisions, lesquelles sont des prévisions statistiques*⁶⁰⁹ ». On peut rapprocher ces prédictions de la version probabiliste du modèle D-N d'explication formalisée par Hempel et nommé modèle statistico-déductif (D-S). L'archétype scientifique à l'origine de telles prédictions est donc la physique quantique, invariablement présentée en philosophie par les fameuses « relations d'incertitude de Heisenberg » : pour une particule massive donnée, on ne peut pas connaître simultanément sa position (x) et sa quantité de mouvement (p_x). Les mesures successives de ces deux variables conjuguées donnent des résultats

⁶⁰⁷ « Nous n'en tirons pas la conclusion que le fait d'éclairer la chambre provoque la myopie, mais il est tout à fait possible que l'absence d'une période quotidienne de totale obscurité pendant la petite enfance constitue un facteur de risque », traduction *Destination Santé SAS*, <http://www.destinationsante.com/Dormir-dans-le-noir-pour-ne-pas-devenir-myope.html>.

⁶⁰⁸ ZADNIK Karla, « Vision: Myopia and ambient night-time lighting » in *Nature*, 9 Mai 2000.

⁶⁰⁹ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p. 234.

différents de sorte que chaque échantillon de valeurs est caractérisé par un écart type σ_x pour la position et σ_{p_x} pour la quantité de mouvement. Appliqué à ces variables les relations d'Heisenberg démontrent que : $\sigma_x \cdot \sigma_{p_x} \geq \hbar/2\pi$ (\hbar , constante de Planck réduite). La position exactement connue d'une particule (donc de dispersion en position $\sigma_x = 0$) entraîne une dispersion en impulsion maximale ($\sigma_{p_x} = \infty$) et vice-versa. De même, la physique quantique est caractérisée par le principe de superposition : à partir de deux états quantiques quelconques, on obtient d'autres états par superposition. Avec deux états quantiques d'un photon correspondant à deux directions de polarisation perpendiculaires, on définit par combinaison linéaire, n'importe quel état correspondant à un angle de polarisation compris entre ces deux directions. Le résultat de toute mesure est objectivement indéterminable, la probabilité correspondant à chaque résultat possible de la mesure est par conséquent une probabilité objective. Il est donc impossible d'émettre des prédictions en physique quantique qui ne soient probabilistes.

L'indétermination d'un système quantique peut être illustrée par le passage d'un photon à travers un filtre polarisant. Un filtre polarisant laisse passer tout rayon lumineux perpendiculaire au filtre et polarisé parallèlement à l'axe de transmission du film polarisant, alors qu'il intercepte les rayons lumineux perpendiculaires au filtre dont la polarisation est perpendiculaire à l'axe de transmission. Cependant, si l'angle que fait la polarisation du photon avec l'axe de transmission est compris entre 0 et 90 degrés, sa probabilité de transmission est comprise entre 0 et 1. La réponse à la question de savoir si le photon sera *in toto* intercepté ou transmis est indéterminée, la probabilité de transmission est égale au carré du cosinus de l'angle. On peut donc par exemple énoncer la prédiction suivante : « La probabilité de transmission d'un photon dont la polarisation fait un angle de 45 degrés avec l'axe de transmission du film polarisant est égale à 0,5 ». La réfutation de ce type d'énoncé se trouve donc être statistique et elle peut être éprouvée pour un nombre suffisamment élevé

d'expériences. Par exemple si sur 100 photons, 40 sont transmis, alors la prédiction est réfutée. Seul un ensemble répété d'observations permet d'obtenir éventuellement et parce qu'en contradiction avec la prédiction, une réfutation probabiliste⁶¹⁰.

Quoique différents d'un point de vue théorique, nous rangerons aussi dans cette sous-partie, les tests statistiques relatifs aux relations causales déterministes construites à partir d'une réflexion théorique. C'est tout à fait la démarche entreprise par Grünbaum qui cherche à tester statistiquement la liaison causale postulée par Freud (qui n'est pas statistique) entre homosexualité refoulée et apparition de la paranoïa. Comme nous l'avons montré, la relation déterministe doit être formalisée statistiquement pour que le test soit opérant. Rappelons aussi que ce type de réfutation statistique n'engage pas directement la théorie en question comme pourrait le faire une démarche falsificatrice non statistique.

(5) Prédictions mixtes, Pmi.

La très grande majorité des prédictions ne rentre pas simplement dans la typologie univoque présentée précédemment, mais correspond plutôt à des mixtes plus ou moins complexes des prédictions décrites. Par exemple, il n'est pas rare de trouver dans les prédictions mystiques, des apports théoriques qui viennent en soutien prédictif. Et ce qui peut paraître comme pure spéculation, est souvent en partie théorisé. Quand Nostradamus prédit, en 1564, à Catherine de Médicis, que le jeune Henri de Béarn deviendra le futur roi de France Henri IV, il ne s'agit pas d'une pure prophétie mystique. Henri IV, né Henri de Bourbon, était

⁶¹⁰ Mais il existe aussi des cas en physique quantique où une prédiction théorique peut être testée sans le recours direct aux probabilités. Prenons par exemple les expériences de corrélations à distance étudiées notamment par Alain Aspect (ASPECT Alain, *Trois tests expérimentaux des inégalités de Bell par mesure de corrélation de polarisation de photons*, thèse soutenue le 1er février 1983 devant André Maréchal, John Stewart Bell, Christian Imbert, Claude Cohen-Tannoudji, Bernard d'Espagnat et Franck Laloë) qui violent les inégalités de Bell. Considérons l'état quantique ψ_0 obtenu par combinaison, à poids égaux, de l'état polarisé verticalement et de l'état polarisé horizontalement (principe de superposition quantique), de deux photons s'éloignant en ligne droite d'une même source. Alors que la probabilité pour que les deux photons traversent un filtre polarisant (dont l'axe polarisant est par exemple vertical), est égale à $\frac{1}{2}$, la physique quantique permet d'émettre la prédiction que « soit les deux photons sont transmis, soit les deux photons sont interceptés », il y a corrélation à distance (cette information à distance s'oppose au principe de localité ou « séparation einsteinienne » qui stipule qu'aucune information ne peut se propager plus vite que la lumière). Cependant cette prédiction s'appuie sur une identité de probabilité pour des axes de transmission des deux polariseurs faisant un angle de zéro degré. Si les axes de transmission font un angle, alors si le premier photon est transmis, la probabilité pour le second le soit aussi est égale au carré du cosinus de cet angle.

le fils d'Antoine de Bourbon, descendant du roi Louis IX, premier prince de sang. C'était donc lui qui, en vertu de la loi salique, devait hériter de la couronne de France dans le cas où Henri III, dernier représentant de la branche des Valois, mourrait sans descendance (ce qui fût le cas). Il ne s'agit pas, à proprement parler, d'une prophétie totalement divinatoire, mais plutôt « calculée ». On peut donc distinguer les prédictions mystiques *sensu stricto* des voyants, des prédictions quasi-mystiques qui s'appuient partiellement, sans toujours le dire, sur un domaine théorique plus ou moins étendu.

A l'opposé, la part mystique dans une prédiction inductive peut être assez étendue. Citons l'exemple du moteur de l'évolution interne identifié par Anne Dambricourt, l'os sphénoïde qui permet l'articulation entre les os du crâne et ceux de la face. Depuis 60 millions d'années l'os sphénoïde se replierait *pour*, selon Anne Dambricourt, permettre une réduction du prognathisme (« contraction cranio-faciale »)⁶¹¹. A l'appui de cette thèse, la chercheuse met en avant la progression régulière de la pose des appareils d'orthodontie qui serait due à l'évolution actuelle de l'os sphénoïde. Seulement, ces données statistiques (qui pourraient être interprétées bien différemment notamment en terme de dépistage) ne sont en aucune façon des quelconques preuves d'une causalité finaliste qu'il faut plutôt rechercher dans une vision téléologique *a priori*. Anne Dambricourt soutient l'idée d'une « logique prédictive » en œuvre dans l'évolution permettant de prévoir non seulement l'apparition des nouvelles formes, mais aussi des nouveaux taxons :

« En effet, on pouvait prévoir que si une ontogenèse nouvelle (un nouveau plan) devait émerger, elle aurait une contraction cranio-faciale intensifiée, un front haut au stade adulte, des lobes frontaux plus développés, des méninges mieux oxygénées, un appareil phonatoire favorisé par la verticalisation de

⁶¹¹ « On ne faisait pas le rapprochement entre ce phénomène [la bascule occipitale de la base du crâne], et ce qui se passait du côté du visage où, progressivement, la mâchoire diminuait et s'élargissait, tandis que l'ensemble de la face se verticalisait et se glissait sous le front. En réalité, ces deux phénomènes obéissent à un processus unique, que j'ai appelé "contraction cranio-faciale", et dont je pense avoir trouvé l'une des clés centrales, de nature fractale, en étudiant les sutures de la base de tous les crânes d'hominiens disponibles. Cette base, quasiment plate chez les premiers singes comme chez les mammifères quadrupèdes, a eu tendance à se plier au centre, à s'enfoncer de plus en plus vers l'intérieur du crâne, comme sous la pression de deux gros pouces invisibles, contraignant celui-ci à une double rotation, l'une vers l'avant (bascule occipitale), l'autre vers l'arrière (retrait de la face), et provoquant donc la contraction cranio-faciale en question », DAMBRICOURT Anne, « La logique de l'évolution », <http://www.cles.com/entretiens/article/la-logique-de-l-evolution>.

l'ensemble, une meilleure capacité à prononcer des phrases (ce qui consomme beaucoup d'oxygène), une conscience symbolique plus élevée, une meilleure maîtrise de son milieu... Voilà ce qu'on aurait prédit. Et c'est ce qui est arrivé - *notre ancêtre Cro-Magnon était donc attendu*⁶¹²».

Ce type de prédiction (dans le cas de l'apparition de l'homme de Cro-Magnon, il s'agit d'une rétrodiction⁶¹³) s'apparente beaucoup plus à une prédiction mystique **P_{my}** associée à une composante empirique **P_{ie}**, qu'à une prédiction de nature scientifique. Elle se trouve même l'être davantage que celle présentée de Nostradamus.

Les prévisions météorologiques représentent un cas de mixité prédictive caractéristique. D'une grande complexité (au sens où elles résultent de la prise en compte de nombreux paramètres en interaction et de façon pas toujours déterministe), elles forment un ensemble prédictif constitués de prédiction **P_{D-N}** (physique des fluides, équations primitives atmosphériques), de prédictions inductives par extrapolation empirique **P_{ie}** (données climatiques historiques) et de diverses prédictions statistiques **P_{s_t}** (prise en compte de l'aspect chaotique du système). Les prédictions économiques, souvent réfutées⁶¹⁴, sont aussi des prédictions composées, statistiques **P_{s_c}** et par extrapolation **P_{ie}**, prédictions auxquelles on ne peut jamais totalement écarter un paramètre mystique **P_{my}**.

On peut signaler aussi la grande diversité des mécanismes mis en jeu en médecine prédictive. Pour certaines pathologies la prédiction, à partir de tests de dépistage, est pratiquement fiable à 100%. Par exemple pour la phénylcétonurie où la prédiction à la naissance s'appuie sur le dosage de phénylalanine sanguine ; un régime alimentaire adapté permet d'éviter le développement d'une grave déficience mentale. Bien que ne s'appuyant pas, à proprement parler, sur une loi⁶¹⁵, l'efficacité d'une telle prédiction est à rapprocher de

⁶¹² DAMBRICOURT Anne, « La logique de l'évolution », *ibid.*, italiques rajoutées.

⁶¹³ Cette rétrodiction, contrairement aux rétrodictions historiques susceptibles d'être réfutées par des énoncés singuliers, n'est en aucun cas réfutable dans sa globalité comme tout récit préhistorique (voir section III.C.3).

⁶¹⁴ Joseph Stiglitz, prix Nobel d'économie 2001, prédit en 2002 que la probabilité de défaillance des entités semi-publiques [Fannie Mae et Freddie Mac mêlées à la crise des « *subprimes* » de 2007] était extrêmement faible. STIGLITZ Joseph E. *et al.*, « Implications of the New Fannie Mae and Freddie Mac Risk-based Capital Standard », *Fannie Mae Papers*, Volume I, Issue 2, March 2002.

⁶¹⁵ La prédiction est construite à partir des connaissances théoriques et empiriques des transformations métaboliques catalysées par la phénylalanine hydroxylase (PAH), déficiente chez les sujets phénylcétonuriques.

celle du système déductif-nomologique. Il en est de même pour certains tests intervenant par exemple dans le cadre d'un dépistage « présymptomatique » comme celui de la chorée de Huntington (maladie autosomique dominante) : l'identification de l'allèle morbide chez un jeune sujet sain (test) prédit le développement certain de la maladie vers 40 ans et son évolution vers une profonde démence. On retrouve ce type de prédictions dans le cas de diagnostic préimplantatoire (DPI) ou dans la recherche d'allèles morbides récessifs chez des parents hétérozygotes (mucoviscidose) ou chez la mère (comme pour l'hémophilie dont la transmission est gonosomique). A l'opposé, de nombreux tests génétiques, comme ceux utilisés pour détecter les gènes de susceptibilité liés au composant HLA, ne permettent pas de pronostiquer dans tous les cas le développement d'une pathologie génétique. Une très grande hétérogénéité prédictive caractérise les maladies multifactorielles. La rétinopathie de Birdshot est assez bien pronostiquée (HLA-A29), alors que celle du diabète insulino-dépendant liée à une certaine synergie entre allèles de classe I et II est déjà plus problématique. Dans ces cas il s'agit de prédictions statistiques \mathbf{P}_{ic} . La probabilité de survenue de la maladie est fonction de la présence d'un ensemble de gènes possiblement en interaction avec d'autres facteurs épigénétiques.

La prédiction ne se réduit pas à un unique standard associé au modèle déductif nomologique mais se décline donc en plusieurs versions dont il reste à préciser les relations que chacune entretient avec la scientificité.

5. Scientificité des prédictions

Des systèmes théoriques scientifiques découlent des prédictions dont les caractéristiques en termes de prises de risques, de crédit, de vérification et de réfutation potentielles ou effectives sont assez disparates. On peut distinguer les prédictions qui, dérivant de théories et de lois (\mathbf{P}_e , \mathbf{P}_{D-N} , \mathbf{P}_{st}), ont un crédit et une qualité prédictive élevée comparativement aux prédictions \mathbf{P}_{ic} , \mathbf{P}_{ic_c} , moins ou pas soutenues par leur théorie. Mais il

n'est pas rare d'y retrouver aussi des prédictions **Pie** et même mystiques **Pmy**. Le type de prédiction même est donc un indicateur de scientificité. L'on peut tracer une échelle de niveau de scientificité en fonction des types de prédiction mis en œuvre par un système théorique :



Fig. 9 – Echelle de scientificité des différentes prédictions

(Pmy : prédictions mystiques, Pie : prédictions inductives acausales par extrapolation empirique, Pis_c : prédictions inductives statistiques causales, Pic : prédictions inductive sur la base d'une relation causale postulée, Ps_t : prédictions statistiques acausales théoriques, P_{D-N} : prédictions absolues à partir d'une théorie répondant au modèle D-N d'explication, Pe : prédictions inédites extraordinaires).

Si les deux extrêmes sont caractéristiques des démarches mystiques et scientifiques que tout oppose, cette échelle est seulement indicative et ne saurait être absolue, car comme nous le verrons dans la troisième partie, d'autres critères doivent être pris en compte. Par exemple, l'induction n'étant pas logiquement valide, on pourrait se poser des questions sur la présence des prédictions **Pi** sur cette échelle (et même à une place avancée). Cependant, à défaut de l'existence d'un unique standard prédictif, il nous semble beaucoup plus constructif de réfléchir à une échelle de scientificité relative ; face à une prédiction **Pmy** ou **Pi**, on peut penser que la seconde sera plus fiable même si dans l'absolu rien n'est sûr. Nous avons vu aussi que la prédictibilité d'un système théorique était rarement univoque mais plutôt composite. Elle dépend aussi du regard épistémologique porté et de l'évolution temporelle du système vis à vis de l'expérimentation. Si la position des deux extrêmes (**Pmy** et **Pe**) ne devrait pas poser de problèmes, il nous semble par exemple opportun de situer **Pic** et **Pis_c** au-delà de **Pie**. Un anti-inductiviste comme Popper considérera que des prédictions **Pi** n'ont

aucune valeur de scientificité contrairement à un empiriste. Un système théorique **Pic** testé empiriquement est susceptible d'évoluer vers **Pc_{D-N}**.

Une autre façon d'aborder l'importance des prédictions en science et tout particulièrement dans le cadre du « falsificationnisme », c'est de s'intéresser à la façon dont elles interviennent réellement dans la démarche du chercheur.

III. L'applicabilité du critère de démarcation

Nous avons rappelé en introduction le nombre important de scientifiques renommés qui se réclament de la méthodologie poppérienne, tout particulièrement Jacques Monod, prix Nobel de physiologie et de médecine en 1965⁶¹⁶ qui, comme on le sait, a préfacé l'édition française de *La logique de la découverte scientifique*. Cependant, la notoriété de ces illustres savants ne doit pas masquer la réalité du terrain, de la science « en action ». Citons, à titre d'exemple l'enquête sociologique de Michael Mulkay et G. Nigel Gilbert (1981), effectuée auprès de 34 chercheurs du domaine de la biochimie au Royaume-Uni⁶¹⁷. Popper y apparaît comme le philosophe des sciences le plus connu, son principe de réfutabilité est généralement cité, et six scientifiques se déclarent poppériens⁶¹⁸. Cependant les auteurs relèvent que la quasi-totalité des chercheurs interrogés doute d'une réelle influence du philosophe sur la pratique de la recherche scientifique⁶¹⁹. Les scientifiques soulignent notamment l'existence d'un fossé quasi infranchissable entre les règles générales dictées et leur mise en œuvre effective, de sorte que ceux qui essaient de s'employer à la méthode poppérienne la réinterprètent et la modifie substantiellement. Les auteurs de l'article en concluent que « les règles poppériennes sont incapables de fournir des contraintes claires sur les actions des scientifiques ou sur leurs évaluations techniques⁶²⁰ ».

Mais peut-être existe-t-il une différence entre la façon dont les chercheurs perçoivent les écrits de Popper et la réalité de leur démarche qui s'appuierait, à leur corps défendant, sur une logique de réfutation ? Pour Monod, la réfutabilité permettrait non seulement de

⁶¹⁶ Associé à André Lwoff (1902-1994) et François Jacob (n. 1920), pour « leurs découvertes concernant le contrôle génétique des enzymes et la synthèse virale » (rapport officiel du prix Nobel de physiologie).

⁶¹⁷ MULKAY Michael & GILBERT G. Nigel, "Putting Philosophy to Work: Karl Popper's Influence on Scientific Practice" in *Philosophy of the Social Sciences*, 11 :3, 1981, pp. 389 à 407.

⁶¹⁸ Il y a cela plus de trente ans, il n'est donc pas du tout certain que la connaissance de Popper soit aussi importante de nos jours.

⁶¹⁹ ("(...) *virtually all of those involved are doubtful about Popper's influence on scientists' research activities*"). *Ibid.*, p. 396.

⁶²⁰ ("*The Popperian rules are unable to provide clear constraints upon scientists' actions or on their technical assessments*" - Je traduis -). *Ibid.*, p. 404.

démarquer la science des pseudosciences, mais s'inscrirait surtout au cœur même de la démarche du scientifique qui procède par conjectures et réfutations comme pourrait le faire le binôme mutation et sélection dans l'évolution du monde vivant.

Cette dernière partie a pour premier objectif de confronter une démarche scientifique éclairée par le procédé poppérien de mise à l'épreuve des théories, afin d'en préciser, dans un cadre donné, l'effectivité et les limites. Dans quelle mesure Monod a-t-il réellement suivi les recommandations de son mentor ? S'agit-il vraiment « d'un principe essentiel, sur quoi s'est édifié réellement et repose tout l'édifice scientifique⁶²¹ » ?

A. Le critère de démarcation dans la pratique scientifique

La volonté de Monod de suivre scrupuleusement la méthode épistémologique de Popper a été maintes fois soulignée par ses collaborateurs directs, comme nous le verrons avec Melvin Cohn ou Antoine Danchin. François Jacob dans son hommage au chercheur rappelle ses qualités dans la mise en jeu du raisonnement déductif :

« C'était un virtuose de la méthode hypothético-déductive. Non seulement il voyait très vite l'expérience permettant de mettre à l'épreuve un aspect particulier d'une hypothèse ; mais en outre, il extrayait jusqu'à la dernière goutte la signification des résultats expérimentaux⁶²² ».

De nombreux travaux d'histoire des sciences, et dans une moindre mesure d'épistémologie, portant sur cette période de recherche et de collaboration entre savants ont été écrits⁶²³. Ils offrent une assise solide à la compréhension des étapes qui aboutirent aux découvertes majeures de Monod. Notre attention portera tout particulièrement sur l'aspect méthodologique du raisonnement de Monod et de ses collaborateurs au cours de ses recherches, afin d'y déceler la présence (ou l'absence) d'une méthodologie falsificatrice. Notre entreprise sera particulièrement aidée par le nombre conséquent de témoignages de tous horizons qui ont été

⁶²¹ MONOD Jacques, préface de POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., p. 3.

⁶²² JACOB François, « Le Temps des modèles » in *Les Origines de la biologie moléculaire : un hommage à Jacques Monod*, présenté par André Lwoff et Agnès Ullmann, Paris, Montréal, Etudes vivantes, 1980, p. 99.

⁶²³ Signalons les travaux d'Horace Judson, Kenneth Schaffner, Bernardino Fantini, Michel Morange, Claude Debru, Jean-Paul Gaudillière, Henri Buc et Nadine Peyreiras (voir la bibliographie).

rapportées sur cette période pionnière de la biologie moléculaire⁶²⁴. Par ailleurs, si tous les historiens ne se sont pas intéressés à la question méthodologique, disons-le d'entrée, mis à part Kenneth Schaffner⁶²⁵, la majorité des philosophes des sciences (comme Bernardino Fantini, et Michel Morange) ont validé le rôle prépondérant de la réfutabilité ou de la réfutation dans la démarche scientifique de Monod. Mythe ou réalité ?

Nous nous proposons de confronter cette position aux démarches, selon nous effectives, de Monod et de son équipe pour quelques épisodes de recherche qui couvrent une quinzaine d'années.

1. « Un principe essentiel, sur quoi s'est édifié réellement et repose tout l'édifice, de la connaissance scientifique...⁶²⁶ »

Notre étude commence avec un épisode d'automne 1950 qui semble avoir marqué significativement Monod. Il s'inscrit dans la difficile élucidation du mécanisme bactérien qui portera le nom d'opéron lactose. Rappelons qu'en cette moitié de XXe siècle, Monod, chercheur au service de physiologie microbienne à l'Institut Pasteur⁶²⁷, travaille sur l'adaptation enzymatique d'une bactérie, *Escherichia coli*. L'adaptation enzymatique (qui sera renommée en 1953 « synthèse inductible d'enzyme ») est le phénomène par lequel la fabrication de certaines enzymes est déclenchée lorsque est présente dans le milieu de culture la molécule nutritive que l'enzyme est susceptible d'hydrolyser (dans le cas du lactose, l'enzyme est la β -galactosidase). Monod avait inclus le mécanisme régulateur de l'adaptation enzymatique dans une théorie assez ambitieuse, la théorie de l'induction généralisée (ou

⁶²⁴ Tout particulièrement le recueil présenté par André Lwoff et Agnès Ullmann, *Les Origines de la biologie moléculaire : un hommage à Jacques Monod* (Paris, Montréal, Etudes vivantes, 1980), pour lequel vingt-trois contributeurs ont participé, chercheurs mais aussi techniciens de laboratoire.

⁶²⁵ SCHAFFNER Kenneth, "Logic of Discovery and Justification in Regulatory Genetics" in *Stud. Hist. Phil. Sci.* 4, 349, 1974.

⁶²⁶ MONOD Jacques, préface de POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., p. 3.

⁶²⁷ Il sera nommé chef de service de biochimie cellulaire en 1953.

TIG)⁶²⁸. L'idée était de généraliser les processus d'induction enzymatique observés pour les systèmes « adaptatifs », aux systèmes « constitutifs » (selon la terminologie de l'époque) c'est-à-dire aux enzymes synthétisées en absence de tout substrat ou inducteur exogène. Ces enzymes seraient induites par un substrat d'origine endogène, « produit normal du métabolisme cellulaire⁶²⁹ ».

L'une des hypothèses de Monod à cette période est qu'il devait exister un groupe de gènes codant pour un groupe de précurseurs enzymatiques pouvant former des combinaisons variées pour produire des enzymes différentes⁶³⁰. C'est le substrat lui-même qui dirigerait l'agrégation des sous-unités pour produire l'enzyme correspondant à son hydrolyse. Selon cette hypothèse, tous les substrats, de même que les inhibiteurs compétitifs devaient être des inducteurs⁶³¹. Afin de vérifier cette prédiction théorique, Monod a envoyé Melvin Cohn, jeune américain (Etats-Unis), au laboratoire de Bell à Cambridge pour synthétiser des analogues de β -galactosides. Parmi d'autres molécules, Monod teste le phényl- β -D-thiogalactoside. Voici le contenu du télégramme que reçoit Cohn ce 14 octobre 1950 :

« = AFFINITE TRES ELEVEE - STOP HYDROLYSE NULLE - STOP
INDUCTION NULLE - STOP FANTASTIQUE = JACQUES + ⁶³²».

Melvin Cohn fait le commentaire suivant :

« J'en donne ici la reproduction pour montrer le plaisir que pouvait lui procurer le fait de prouver que son idée favorite était erronée : « FANTASTIQUE » était le mot juste. Monod était un grand admirateur de Karl Popper et, comme ce dernier, soutenait que le progrès scientifique consiste à réfuter des hypothèses⁶³³ ».

⁶²⁸ MONOD Jacques, « The Phenomenon of Enzymatic Adaptation and its Bearing on Problems of Genetics and Cellular Differentiation » in *11 th Growth Symposium*, 1947, p. 223-289. MONOD Jacques, COHN Melvin, *Adv. Enzymol.*, 13, 1952, pp. 67-119.

⁶²⁹ MONOD Jacques, COHEN-BAZIRE Germaine, « L'effet inhibiteur spécifique des β -galactosides dans la biosynthèse 'constitutive' de la β -galactosidase chez *E. Coli* », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, 236, 1953, p. 417.

⁶³⁰ Monod essaie de concilier ses propres résultats avec l'hypothèse du plasmagène de Sol Spiegelman et celle dite « un gène, une enzyme » de George Beadle (prix Nobel 1958). Voir, par exemple, GAUDILLIÈRE Jean-Paul, « J. Monod, S. Spiegelman et l'adaptation enzymatique. Programmes de recherche, cultures locales et traditions disciplinaires » in *Hist. Phil. Life Sci.*, vol. 14, 1992, pp. 23-71.

⁶³¹ COHN Melvin, « In memoriam » in *Les Origines de la biologie moléculaire : un hommage à Jacques Monod*, présenté par André Lwoff et Agnès Ullmann, Paris, Montréal, Etudes vivantes, 1980, p. 77.

⁶³² *Ibid.*, (orthographe corrigée), p. 78.

⁶³³ *Ibid.*, pp. 78 et 79.

Du point de vue scientifique, les résultats du test du phényl- β -D-thiogalactoside ne confirment donc pas l'hypothèse de Monod. Car ce composé qui a une affinité élevée pour la β -galactosidase n'est ni hydrolysé, ni n'a aucun pouvoir inducteur. Du point de vue épistémologique, la théorie est doublement mise en échec par la pratique empirique ce qui est interprété par Monod et Cohn comme relevant de la démarche poppérienne : il y a bien réfutation du modèle liant l'affinité moléculaire à l'hydrolyse et l'induction. Cependant on peut se poser la question de savoir si cette réfutation résulte d'une démarche aboutie⁶³⁴ ou si elle n'est pas seulement affirmée après l'expérience car, en effet, rien ne les distingue l'une de l'autre *a posteriori*. Afin de trancher, il nous faut trouver des indices d'une réelle recherche de réfutation.

Si Cohn met en avant la capacité prédictive de l'hypothèse en gestation, on remarquera qu'il ne s'agit pas de prédictions falsificatrices mais bien plutôt de prédictions permettant la vérification d'hypothèses. D'ailleurs, Monod relate ces résultats dans sa conférence Nobel, comme conduisant « à [une] conclusion, une fois de plus assez surprenante⁶³⁵ », ce qui montre le peu d'anticipations falsificatrices qu'il avait pu émettre vis à vis de sa théorie. De plus, l'exigence de réfutabilité requiert une théorie suffisamment structurée et clairement énoncée (si possible en concurrence avec d'autres théories) afin d'en pouvoir déduire des énoncés de base falsificateurs virtuels. Monod était un fin théoricien, mais il n'est pas certain qu'une construction théorique de l'adaptation enzymatique relativement achevée avait été élaborée début octobre 1950. A ce propos Michel Morange indique que « le schéma le plus simple pouvant rendre compte des observations expérimentales fut présenté de manière implicite mais rarement explicite, dans différents articles que Monod écrivit après son arrivée à

⁶³⁴ « C'est seulement en référence à la méthode appliquée à un système théorique qu'il est vraiment possible de se demander si nous avons affaire à (...) une théorie empirique », POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, (1934), *op.cit.*, p. 80.

⁶³⁵ MONOD Jacques, Conférence Nobel faite le 11 décembre 1965. © Fondation Nobel, 1966. En ligne et en anglais sur le site Nobel. Nous prendrons comme référence le texte français repris par Bernardino Fantini, *Jacques Monod, Pour une éthique de la connaissance*, textes réunis et présentés par Bernardino Fantini, Editions La Découverte, Paris, 1988, p. 103.

l'Institut Pasteur⁶³⁶ ». Il faudra plutôt attendre quelques années après, pour qu'un schéma de la synthèse adaptative soit publié (voir ci-dessous). Voici aussi comment Germaine Cohen-Bazire, assistante au laboratoire (à l'époque Mlle Stanier), narre cette période :

« L'un des mystères lancinants, à cette époque, était le rôle joué par l'inducteur dans la synthèse de l'enzyme. *Chaque jour une nouvelle théorie voyait le jour et une autre enterrée*. Je me souviens de l'excitation de tous lorsqu'il s'est avéré que le thiophényl- β -D-galactoside inhibait fortement l'activité de l'enzyme mais ne l'induisait pas et que le mélibiose (un α -galactoside), qui n'était ni substrat, ni inhibiteur, ni même métabolisé par les cellules (*E. coli* ML) était un puissant inducteur : toutes les théories faisant intervenir l'enzyme lui-même dans sa propre induction étaient donc invalidées⁶³⁷ ».

Cet épisode est présenté par Cohen-Bazire comme un véritable « bouillonnement intellectuel⁶³⁸ », où les théories naissaient aussi vite qu'elles pouvaient disparaître. On décèle un état général d'excitation plus propice à l'expérimentation tous azimuts qu'à l'identification réfléchie d'énoncés de base falsificateurs virtuels d'une théorie précise. Melvin Cohn indique bien que « l'idée que son hypothèse était fausse avait bien traversé l'esprit de Jacques Monod⁶³⁹ », mais il y a une différence importante entre une telle pensée, qui finalement doit affecter tout chercheur, et la recherche de la réfutabilité qui passe par des étapes méthodologiques précises. Notre sentiment pour cet épisode, c'est que si les expérimentations du phényl- β -D-thiogalactoside et du mélibiose réfutent bien « toutes les théories faisant intervenir l'enzyme lui-même dans sa propre induction », Monod n'a pas respecté les étapes de la réfutabilité, mais plutôt identifié *a posteriori* une réfutation.

Un schéma hypothétique assez complet de la synthèse adaptative et constitutive de la β -galactosidase dans *E. coli* paraît en 1953 (figure 7). On remarquera que les gènes n'interviennent pas directement dans la biosynthèse enzymatique.

⁶³⁶ MORANGE Michel, *Histoire de la biologie moléculaire* (1994), Paris, La Découverte, 2003, p. 196.

⁶³⁷ COHEN-BAZIRE Germaine, « A la recherche du temps passé » in *Les Origines de la biologie moléculaire : un hommage à Jacques Monod*, présenté par André Lwoff et Agnès Ullmann, Paris, Montréal, Etudes vivantes, 1980, italiques ajoutées.

⁶³⁸ *Ibid.*

⁶³⁹ COHN Melvin, « In memoriam », *op.cit.*, p. 78.

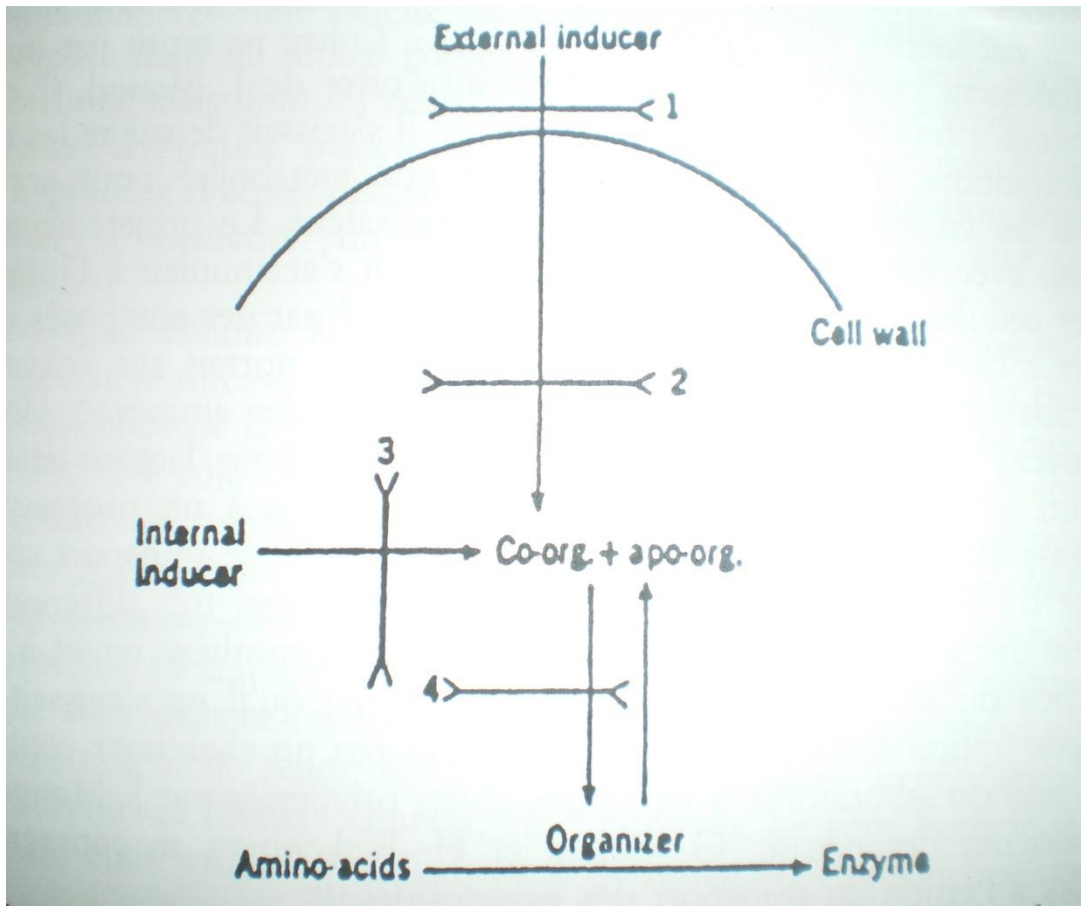


Fig. 10 – Schéma de l'adaptation enzymatique en 1953. M. Cohn, J. Monod⁶⁴⁰.

La TIG, avant d'être définitivement abandonnée, allait être confortée une première fois la même année par les travaux menés conjointement par Monod et Cohen-Bazire sur la tryptophane synthétase⁶⁴¹, enzyme « constitutive » de *E. coli*. Les résultats expérimentaux mettent en évidence que le tryptophane et le 5-méthyltryptophane sont de puissants inhibiteurs de la biosynthèse de l'enzyme ce qui fit dire à Monod en 1965 que : « C'était le premier exemple connu de système « répressible » découvert, comme vérification d'une

⁵²⁶ MONOD Jacques et COHN Melvin, « Specific Inhibition and Induction of Enzyme Biosynthesis » in Gale Davis (eds.), *Adaptation in Microorganisms*. Third Symposium of the Society for General Microbiology, London : April 1953, Cambridge University Press, p. 145. (Les divers types d'inhibition qui peuvent se produire sont comme suit : (1) Inhibition diauxique de la synthèse adaptative. (2) Inhibition de la synthèse adaptative par le thiophénol-β-D-galactoside. (3) Inhibition métabolique, présente dans les contraintes adaptatives, absente dans les contraintes constitutives. (4) Inhibition de la synthèse constitutive par des β-galactosides).

⁶⁴¹ MONOD Jacques, COHEN-BAZIRE Germaine, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, n° 236, p. 530, 1953.

hypothèse fautive⁶⁴² ». Remarquez ici, comme la démarche est ouvertement celle d'une vérification et non d'une recherche de réfutation.

En mai 1954, Georges Cohen, nouvel arrivant au laboratoire, est pris en charge par Monod qui lui demande d'expérimenter à partir de thiométhylgalactosides (« inducteurs gratuits » de la β -galactosidase) radioactifs. L'idée était d'étudier si après addition de cette substance à des cultures d'*E. coli*, il était possible de détecter la présence de radioactivité liée à l'un quelconque des composants macromoléculaires des cellules (protéines, ADN, ARN). Rétrospectivement, Cohen la qualifiera de « naïve » et n'ayant « aucune chance de réussir, puisqu'elle exigeait comme préalable l'élaboration du concept du répresseur lactose⁶⁴³ ». La remarque du chercheur est assez significative ; elle sous-entend qu'une expérience réussie est celle qui fournit des résultats « positifs » (au sens où il y a effectivement quelque chose à mesurer) puisque la réussite de l'expérience est liée à l'identification de la radioactivité sur l'une des macromolécules citées. Outre la présence du préjugé tenace qui associe la mesure et la réalité à la « réussite » expérimentale (« vous voulez croire au réel, mesurez-le »⁶⁴⁴), on voit de nouveau ici combien l'expérimentation menée semble assez éloignée d'une recherche de réfutation. En toute logique, selon le modèle de 1953, la radioactivité devrait se retrouver associée à une protéine intracellulaire, le co-organisateur ; d'une certaine façon cette expérimentation réfute pour partie le schéma de 1953. Si Cohen la perçoit comme un échec, c'est qu'il s'est davantage placé dans une démarche de vérification que de réfutation. Une démarche que l'on pourrait qualifier aussi de « pour voir » au sens bernardien⁶⁴⁵. L'utilisation d'isotopes radioactifs en biologie en 1954 était assez récente, elle a souvent apporté des résultats décisifs puisque justement on peut alors « voir » les molécules jusqu'alors beaucoup

⁶⁴² MONOD Jacques, Leçon inaugurale, *op.cit.*, p. 105.

⁶⁴³ COHEN Georges, « Les perméases : un prétexte pour exprimer mes sentiments » in *Les Origines de la biologie moléculaire : un hommage à Jacques Monod*, présenté par André Lwoff et Agnès Ullmann, Paris, Montréal, Etudes vivantes, 1980, p. 91.

⁶⁴⁴ BACHELARD Gaston, *Essai sur la connaissance approchée* (1928), Paris, Vrin, 2006, p.52.

⁶⁴⁵ BERNARD Claude, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* (1865), Champs Flammarion, Paris, 1984, p. 50.

plus discrètes. C'est donc ici plutôt la perspective d'un résultat mesurable grâce à la technique du marquage isotopique, empreinte d'une certaine dimension mythique associée à cette technique, qui s'avère être l'instigateur du choix méthodologique qu'un raisonnement rationnel construit autour de la réfutabilité d'un modèle ou d'une théorie.

Cependant, c'est cette expérience qui amena, indirectement, le concept de perméase. G. Cohen met en évidence que le thiométhylgalactoside s'accumule dans la cellule si *E. coli* est préalablement induit par un β -galactoside (dans le cas contraire la radioactivité intracellulaire reste faible). Cette accumulation nécessite de l'énergie, elle est réversible et stéréospécifique. Les expériences suivantes montrent que les souches constitutives pour la β -galactosidase sont également constitutives pour les accepteurs du thiométhylgalactoside et que leur induction est simultanée sauf pour les mutants dits cryptiques (capables de synthétiser la β -galactosidase mais incapables de métaboliser les β -galactosides) où aucune accumulation n'est observée. A ce stade, comme le souligne Claude Debru, « il était difficile d'échapper à la conclusion qu'un troisième facteur, de nature génétique, gouvernait le caractère inductible ou constitutif⁶⁴⁶ ». Monod opère donc un important virage génétique ; ce facteur génétique nommé *i* peut donc soit correspondre à l'inductibilité (type sauvage) soit à la constitutivité (type mutant). D'après l'étude de la cinétique de pénétration, il formule l'hypothèse que l'élément responsable de l'accumulation était une protéine spécifique dont la synthèse induite aussi par un β -galactoside est déterminée par un gène (γ) à distinguer alors de celui de la β -galactosidase (z). A cette protéine, il donne le nom de galactoside-perméase⁶⁴⁷. Les synthèses de la galactosidase et de la galactoside-perméase dépendent donc d'éléments génétiques distincts tout en demeurant soumises au même déterminisme d'induction et aux mêmes mutations constitutives.

⁶⁴⁶ DEBRU Claude, *Philosophie moléculaire*, Monod, Wyman, Changeux, Paris, Vrin, 1987, p. 51.

⁶⁴⁷ MONOD Jacques, Henry Ford Hosp. Intern. Symp. In Enzymes : Units of biological Structure and Function, Acad. Press Inc., Publ., New York, n°7, 1956. La galactoside-perméase demeurera un objet théorique jusqu'à son identification et son isolement par Kennedy en 1965.

Parallèlement à ces travaux préparatoires à ce qui deviendra l'opéron lactose, à l'autre bout du couloir du « grenier » de l'Institut Pasteur, François Jacob et Elie Wollman qui avaient découvert le mécanisme à l'œuvre lors de la conjugaison bactérienne, expérimentent sur le processus de l'injection du chromosome de la bactérie (+), « mâle » dans la partenaire (-), « femelle ». En interrompant cette injection à volonté (« expérience spaghetti »), il était ainsi possible grâce au suivi de la cinétique de pénétration du chromosome, d'élaborer une carte du chromosome bactérien. Tout était prêt pour la « grande collaboration ».

Les expériences *PaJaMo*, (de Pardee⁶⁴⁸, Jacob et Monod) ou encore *PyJaMa*, qui commencent en septembre 1957 résultent de la collaboration des deux laboratoires de recherche qui travaillaient pourtant sur deux programmes différents⁶⁴⁹. Elles conduisent à la découverte du répresseur lactose⁶⁵⁰. Si Jacob et Monod, en tant que directeurs de laboratoires supervisaient ces expériences, c'est aussi à Arthur Pardee, fin expérimentateur, qu'il faut attribuer le mérite de leur réalisation. Les premières expériences mettent en évidence qu'un transfert de gènes par conjugaison d'un donneur *lac+* à un receveur *lac-*, permet aux cellules réceptrices de former des colonies sur des boîtes contenant du lactose. L'étape suivante consistera à mesurer directement l'activité enzymatique (par dosage colorimétrique). Puis, le 3 décembre 1957, la date précise est significativement rappelée pour son importance par Pardee⁶⁵¹, les trois chercheurs étudient ensuite le transfert du gène (*z+*) d'une souche sauvage *Hfr* (haute fréquence de recombinaison) dans une cellule réceptrice (*z-*) mutante constitutive, c'est-à-dire capable de produire de la β -galactosidase en absence de tout inducteur externe. Ils

⁶⁴⁸ Chercheur à l'Université de Berkeley, arrivé au laboratoire en octobre 1957 pour y passer son congé sabbatique.

⁶⁴⁹ « Le hasard peut être placé (...) dans le fait que les deux programmes, évoluant parallèlement dans une même maison, étaient en réalité complémentaires quant aux outils conceptuels et expérimentaux et non pas analogues mais vraiment identiques quant au problème fondamental sous-jacent, celui de la régulation génétique ». GRMEK Mirko D., FANTINI Bernardino, *op.cit.* p. 203 et 204.

⁶⁵⁰ Le compte rendu original de ces expériences paraît en mai 1958 : PARDEE Arthur, JACOB François, MONOD Jacques, « Sur l'expression et le rôle des allèles « inductible » et « constitutif » dans la synthèse de la β -galactosidase chez des zygotes d'*Escherichia Coli*, », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, 246, 1958, pp. 3125-3127.

⁶⁵¹ PARDEE Arthur, « L'expérience PaJaMa », in *Les Origines de la biologie moléculaire : un hommage à Jacques Monod*, *op.cit.*, p.114.

observent la production d'enzyme dès le transfert du gène, avec une synthèse à un taux maximum deux à trois minutes après, et cela sans apport d'inducteur externe.

Il est intéressant d'étudier la démarche suivie par les trois protagonistes lors de cette expérience historique. Pour Mirko Grmek et Bernardino Fantini elle répond à la volonté de tester la théorie de l'induction généralisée : « l'expérience devait mettre à l'épreuve une théorie particulière [la TIG] ⁶⁵² ». S'agit-il d'une mise à l'épreuve par recherche de réfutation au sens de Popper ? Cette hypothèse est cohérente puisque l'on a bien ici tous les ingrédients d'une la mise en œuvre de la méthodologie falsificatrice : une théorie assez bien développée (la TIG) et concurrentielle ⁶⁵³, des expériences originales susceptibles de la mettre en danger, ainsi qu'une bonne connaissance de la méthode poppérienne. Concernant le dernier point, l'on sait, selon Pardee, que c'est Monod qui « [lui] suggéra d'étudier le transfert du gène (z+) ⁶⁵⁴ ». Maintenant, si l'on regarde les résultats du 3 décembre 1957, on s'aperçoit qu'ils mettent en évidence que les conditions au sein de la bactérie réceptrice étaient « constitutives » parce que les gènes introduits pouvaient s'y exprimer. En d'autres termes, la théorie de l'induction généralisée se trouve ici, non pas mise en échec mais bien confortée, comme le soulignent d'ailleurs Grmek et Fantini ⁶⁵⁵. Selon Pardee les résultats obtenus vérifient l'hypothèse d'une réponse affirmative à une question simple qui était : « Les cellules constitutives fabriquaient-elles l'enzyme parce qu'elles synthétisaient un inducteur interne ? ⁶⁵⁶ ». La « réussite » de l'expérience qualifiée de « vive satisfaction ⁶⁵⁷ » confirme la démarche entreprise qui apparaît donc plutôt pour Pardee comme celle d'une vérification d'hypothèse, « ce résultat a été

⁶⁵² GRMEK Mirko et D., FANTINI Bernardino, *op.cit.* p. 205.

⁶⁵³ La TIG était en concurrence avec la théorie de la répression généralisée de Vogel (François Jacob, « Le temps des modèles » in *Les Origines de la biologie moléculaire : un hommage à Jacques Monod, op.cit.*, p. 96).

⁶⁵⁴ PARDEE Arthur, « L'expérience PaJaMa », *op.cit.*, p.113.

⁶⁵⁵ GRMEK Mirko et D., FANTINI Bernardino, *op.cit.* p. 205.

⁶⁵⁶ PARDEE Arthur, « L'expérience PaJaMa », in *Les Origines de la biologie moléculaire : un hommage à Jacques Monod, op.cit.*, p.113. Voir aussi JUDSON H.F., *The Eight Day of creation, The Makers of the Revolution in Biology*, London, Jonathan Cape, 1979, p. 408 : « Nous posions seulement la vaste question : obtient-on, oui ou non, l'enzyme sans inducteur ? » cité par GRMEK Mirko et D., FANTINI Bernardino, *op. cit.* p. 205.

⁶⁵⁷ *Ibid.*, p.114.

qualitativement celui que nous espérions⁶⁵⁸», et non celle d'une recherche de réfutation. Différemment, François Jacob dans son autobiographie, *La statue intérieure*, qualifie le résultat de surprise : « Première expérience, première surprise. Et de taille !⁶⁵⁹ ». Manifestement les attentes au sein de l'équipe n'étaient pas les mêmes. Bien sûr, les témoignages des protagonistes ne sont peut-être plus fidèles aux attentes du groupe telles qu'elles pouvaient exister en décembre 1957, mais toujours est-il qu'ils mettent en évidence une certaine absence d'unité de méthode. Pour Pardee, c'est la satisfaction de voir l'expérience de transfert de gènes réussir, alors que l'étonnement de Jacob (et semble-t-il de Monod) réside dans l'immédiateté du fonctionnement génétique qui « s'accordait mal avec les idées généralement admises pour expliquer la synthèse des protéines⁶⁶⁰ ». Une expérience qui amène une surprise n'est assurément pas une expérience dont toutes les conséquences étaient prévues ; en absence de prédictions il ne peut avoir une réelle volonté de recherche de réfutabilité.

Dans tous les cas, il ressort de l'étude que la première phase de l'expérience *PaJaMo* peut difficilement être comprise comme un test de réfutation de la théorie de l'induction généralisée.

La seconde phase de l'expérience *PaJaMo* se déroule environ trois mois après la première. Elle consiste à étudier la cinétique de synthèse enzymatique pendant plusieurs heures après la conjugaison. Les trois chercheurs observent alors que la synthèse enzymatique se bloque après deux heures et ne peut reprendre au taux maximum qu'après l'ajout d'un inducteur externe. L'étude cinétique, contrairement à la précédente, montre donc que chez les diploïdes provisoires formés par conjugaison, le caractère inductible est dominant sur le caractère constitutif. Il s'ensuit logiquement que c'est l'allèle inductible (noté *i+*) qui se

⁶⁵⁸ *Ibid.*

⁶⁵⁹ JACOB François, *La statue intérieure*, Editions Odile Jacob, Paris, 1987, p. 325.

⁶⁶⁰ *Ibid.* L'idée dominante de l'époque, c'est que les gènes contrôlaient la synthèse protéique en provoquant la formation des ribosomes ce qui nécessitait un certain laps de temps.

trouve être dominant sur l'allèle constitutif (*i*-). Et d'un point de vue épistémologique, l'on pourrait alors suivre Mirko Grmek et Bernardino Fantini qui en concluent : « la preuve expérimentale de la dominance de *i*+ falsifie, au sens de Popper, la TIG de Monod, laquelle postule l'existence d'un inducteur interne⁶⁶¹ ». Certes la TIG est réfutée par l'expérience⁶⁶², mais comme précédemment, peut-on vraiment parler de la mise en place d'une démarche de réfutabilité ? Quelles étaient les véritables motivations des protagonistes ? Pardee indique à propos de l'expérience précédente : « (...) certains problèmes subsistaient. En premier lieu, le taux de production de l'enzyme en absence d'un inducteur externe devenait plus faible qu'en présence de celui-ci, une fois écoulé un délai de quatre-vingts minutes après le croisement. En second lieu le transfert du gène *i*- dans une cellule *z+i*+ ne permettait pas la formation de l'enzyme ». La seconde remarque analysée *a posteriori*, semble bien une prémisse à la réfutation de la TIG, car si l'allèle *i*- transféré avait été dominant, il aurait dû apporter l'état de constitutionnalité à la bactérie réceptrice. Mais ce n'est pas l'interprétation qui en avait été faite car d'erechef les deux résultats, furent « en partie au moins, inattendus⁶⁶³ ». Le compte rendu original de mai 1958 précise que « contrairement à toute attente l'allèle dominant ne serait pas le constitutif mais l'inductible⁶⁶⁴ ». Comme précédemment, on peut affirmer qu'une surprise expérimentale, si elle n'exclut pas totalement une démarche prédictive de recherche de réfutabilité, n'est pas le résultat d'une réfutation attendue.

Par ailleurs, les souvenirs de François Jacob, inhérents à cet hiver 1957-1958, permettent de préciser l'attitude méthodologique de Monod. Tout d'abord Jacob rappelle que le « résultat n'était guère compatible avec l'hypothèse de Jacques qui attribuait le rôle constitutif à la synthèse d'un inducteur interne », mais qu'en revanche « il s'accordait à un

⁶⁶¹ GRMEK Mirko D., FANTINI Bernardino, *op. cit.*, p. 207.

⁶⁶² Cependant voir partie III.C.2.

⁶⁶³ MONOD Jacques, Leçon inaugurale, *op.cit.*, p. 105.

⁶⁶⁴ PARDEE Arthur, JACOB François, MONOD Jacques, « Sur l'expression et le rôle des allèles « inductible » et « constitutif » dans la synthèse de la β -galactosidase chez des zygotes d'*Escherichia Coli*, », *op.cit.* p. 3127.

modèle récemment proposé dans un séminaire par Léo Szilard, alors de passage à Paris⁶⁶⁵ » : le modèle de la répression généralisée. Après un paragraphe qui traite des implications relatives au problème des ARN intermédiaires, Jacob précise que c'est pendant l'année 1957-1958 qu'il apprit à mieux connaître Monod. Puis s'il décrit la virtuosité hypothético-déductive du chercheur (extrait précédemment cité), il enchaîne ainsi :

« Et, en même temps, il m'étonnait toujours par son attitude assez conservatrice à l'égard des théories. Personnellement, j'aime jeter les vieilles idoles et les vieilles hypothèses à la poubelle, même si j'ai participé à leur élaboration. Jacques, au contraire, ne changeait pas volontiers de théorie. Il avait une forte tendance à coller à son modèle, à le défendre contre vents et marées, à le garder parfois un peu au-delà de ce qu'exigeait la raison⁶⁶⁶ ».

La position du commentaire de Jacob ne laisse que peu de doute quant à la théorie à laquelle il se réfère ici implicitement : c'est la TIG. Il semble bien que Monod ait cherché à défendre son modèle « plus que de raison⁶⁶⁷ » alors même qu'il se trouva être réfuté empiriquement par la seconde série d'expériences *PaJaMo*. Ces étapes possibles, conduisant à la réfutation de la Théorie de l'Induction Généralisée au cours des années 1950, 1957 et 1958, sont résumées dans la figure 10.

⁶⁶⁵ JACOB François, « Le Temps des modèles » in *Les Origines de la biologie moléculaire : un hommage à Jacques Monod*, *op.cit.*, p. 98.

⁶⁶⁶ *Ibid.*, p. 99.

⁶⁶⁷ Dans sa conférence Nobel, Monod avoue que « jusqu'en 1957, j'avais essayé de « sauver cette hypothèse », quitte à réduire à rien le rôle « didactique », comme dirait Lederberg, de l'inducteur », *op.cit.*, p.111. Signalons cependant qu'une sérieuse objection avait été émise par Monod : l'asymétrie de l'induction de l'inositol- α -galactoside qui induisait la β -galactoside perméase mais pas la β -galactosidase. Comme l'indique Jacob, « [Des objections] persistèrent, en particulier l'asymétrie de l'induction par l'inositol-galactoside, qui resta comme un cadavre caché dans une malle. Nous nous accordâmes pour l'y oublier pendant quelque temps » (« Le Temps des modèles », *op.cit.*, p. 100). Les effets de l'inositol-galactoside réfutent, au moins partiellement, le modèle de Jacob, puisque dans ce cas la synthèse protéique n'était pas coordonnée. Il est intéressant de noter qu'une réfutation isolée d'une théorie (une « anomalie selon Khun ») n'est finalement pas prépondérante face à la certitude et la volonté d'avoir raison du chercheur.

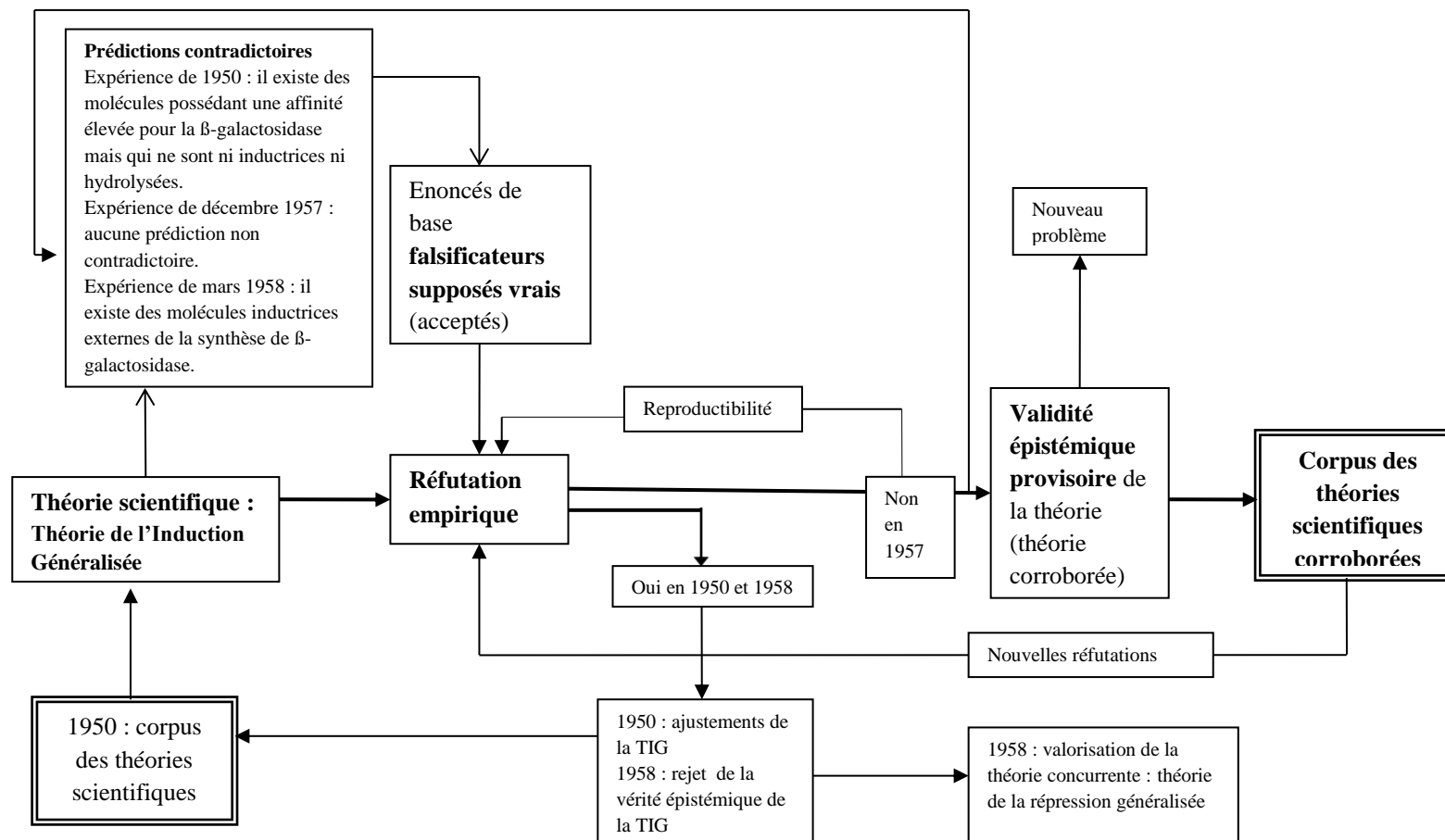


Fig. 11 - Représentation des étapes possibles de la réfutation de la Théorie de l'Induction Généralisée (TIG) : expériences des années 1950, 1957 et 1958 de Jacques Monod.

François Jacob raconte en détail dans *La statue intérieure* et « Le Temps des modèles », comment il en vint à établir un parallèle entre l'induction zygotique chez les bactéries lysogènes et les résultats de l'expérience PaJaMo, et quelle fût sa difficulté à faire admettre à Monod les conséquences de cette identité fonctionnelle, c'est-à-dire l'existence d'une répression génétique pouvant commander un groupe de gènes. Cette attitude conservatrice « contre vents et marées » nous semble assez difficilement conciliable avec une authentique démarche de recherche de réfutabilité.

L'étude de ces quelques épisodes de recherche ne prouve en rien que la démarche poppérienne soit absente des travaux de Monod et que ce dernier n'ait pu s'en inspirer par moments ou par bribes ; seulement elle permet de tempérer, pour le moins, l'affirmation péremptoire du chercheur, celle « d'un principe essentiel [le critère de démarcation], sur quoi s'est édifié réellement et repose tout l'édifice, jamais achevé, de la connaissance scientifique⁶⁶⁸ ». L'on a vu ici que « le mouvement même de la pensée⁶⁶⁹ » de la science en train de se faire se rapprochait plus souvent de l'intuition, de l'essai pour voir, que d'une démarche rationnelle hypothético-déductive et qui plus est falsificatrice. C'est d'ailleurs ainsi que François Jacob présente la « science de nuit », obscure et inconnue, difficilement discernable, qui attend l'épreuve de la logique pour être admise dans la « science de jour ».

« La science de nuit (...) erre à l'aveugle. Elle hésite, trébuche, recule, transpire, se réveille en sursaut. Doutant de tout, elle se cherche, s'interroge, se reprend sans cesse. C'est une sorte d'atelier du possible où s'élabore ce qui deviendra le matériau de la science. Où les hypothèses restent sous forme de pressentiments vagues, de sensations brumeuses. Où les phénomènes ne sont encore qu'évènements solitaires sans liens entre eux. Où les projets d'expérience ont à peine pris corps. Où la pensée chemine à travers des voies sinueuses, des ruelles tortueuses, le plus souvent sans issue. A la merci du hasard, l'esprit s'agite dans un labyrinthe, sous un déluge de messages, en quête d'un signe, d'un clin d'œil, d'un rapprochement imprévu. Comme un prisonnier dans sa cellule, il tourne en rond, cherche une issue, une lueur. Sans s'arrêter, il passe de l'espoir à la déconvenue, de l'exaltation à la mélancolie. Rien ne permet de dire que la science de nuit passera jamais au stade de jour. Que le prisonnier sortira de l'ombre. Si cela survient, c'est de manière fortuite, comme un caprice. A l'improviste, comme une génération spontanée. N'importe où, n'importe quand, comme la foudre. Ce qui guide l'esprit alors, ce n'est pas la logique. C'est l'instinct, l'intuition. C'est le besoin d'y voir clair. C'est l'acharnement à vivre. Dans l'interminable dialogue intérieur, parmi les innombrables suppositions, rapprochements, combinaisons, associations qui sans cesse traversent l'esprit, un trait de feu parfois déchire

⁶⁶⁸ MONOD Jacques, préface de POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., p. 3.

⁶⁶⁹ *Ibid.*

l'obscurité. Eclaire soudain le paysage d'une lumière aveuglante, terrifiante, plus forte que mille soleils. Après le premier choc commence un dur combat avec les habitudes de la pensée. Un conflit avec l'univers de concepts qui règle nos raisonnements. Rien encore n'autorise à dire si l'hypothèse nouvelle dépassera sa forme première d'ébauche grossière pour s'affiner, se perfectionner. Si elle soutiendra l'épreuve de la logique. Si elle sera admise dans la science de jour⁶⁷⁰ ».

Malgré la longueur de l'extrait, nous n'avons pas souhaité écorner la beauté du texte de Jacob. Il fallait toutes ses qualités d'écriture⁶⁷¹ pour nous faire partager les hésitations de la science en action, une science qui prend corps avec les tâtonnements et les ressentiments même du chercheur et dont souvent les scientifiques, mais aussi les historiens et les épistémologues, s'efforcent d'en gommer toute subjectivité. Pour autant le témoignage de Jacob n'est pas isolé, on peut par exemple retrouver des passages assez similaires dans *La double hélice* de James D. Watson⁶⁷² comme l'a montré Pascal Nouvel⁶⁷³. Concernant notre étude, la différence de perception avec Monod constitue donc un abîme. D'ailleurs Jacob dépeint aussi cette opposition de style : « [Monod] se voulait toujours purement logique. Il décida soudain que j'étais surtout intuitif. C'était parfait. Je n'avais aucune objection particulière à l'idée d'être intuitif ; jusqu'au moment où Monod déclara que l'intuition n'existait pas⁶⁷⁴ ». La description de Jacob de deux sciences que tout oppose, la science de nuit et la science de jour n'est finalement qu'une vision poétique de la dichotomie classique de l'épistémologie, telle qu'a pu la définir Hans Reichenbach : le contexte de découverte et le contexte de justification⁶⁷⁵.

A ce propos, Kenneth Schaffner a étudié les logiques de découverte et de justification lors de cet épisode historique mettant en jeu les deux théories alternatives et qui a conduit au modèle du répresseur qu'il qualifie « d'exemple paradigmatique d'une théorie en génétique

⁶⁷⁰ JACOB François, *La statue intérieure*, op.cit., p. 330, 331.

⁶⁷¹ François Jacob est élu à l'Académie française en 1996.

⁶⁷² WATSON D. James, *La double hélice*, traduit de l'américain par Henriette Joël, Robert Laffont, 1968.

⁶⁷³ « L'attente d'un résultat n'est pas théorique mais affective : l'idée n'est soutenue, à ses premiers stades, que par un sentiment ». NOUVEL Pascal, *L'art d'aimer la science, psychologie de l'esprit scientifique*, Paris, PUF, 2000, p.35.

⁶⁷⁴ JACOB François, « Le Temps des modèles », op.cit., p.102.

⁶⁷⁵ REINCHENBACH Hans, *Experience and Prediction* (1938), Chicago, University of Chicago Press.

moléculaire⁶⁷⁶ ». A l'issue d'une présentation historique des travaux de Monod et de Szilard, il cite l'extrait de la conférence Nobel de Monod⁶⁷⁷ qui dévoilerait un argument important intervenant dans la logique de découverte du répresseur : « La logique de l'argument se doit d'être claire: c'est un argument analogique⁶⁷⁸ ». La logique de découverte mise en jeu ne serait pas à dominante démonstrative puisqu'elle se construit par pure analogie avec les autres systèmes répresseurs découverts antérieurement. Schaffner considère que le standard hypothético-déductif qu'il attribue à Popper et Hempel, est inapproprié pour rendre compte des mouvements inférentiels à l'origine des hypothèses. Cependant il serait faux, toujours selon l'épistémologue, de considérer que la reconstruction déductive soit le seul apanage du contexte de justification. Schaffner identifie une forme de raisonnement déductif de nature spéculative permettant la genèse des hypothèses en contexte de découverte. Même si les conclusions de Schaffner sont donc assez éloignées de la méthodologie que Monod croit poursuivre, il existe finalement un point commun entre le chercheur et l'épistémologue, c'est qu'ils ne conçoivent pas de différences fondamentales dans la logique mise en œuvre dans les deux contextes.

A la citation de Monod, « [Le critère de démarcation] n'est pas seulement un instrument critique utilisable *a posteriori* pour l'évaluation d'une théorie, mais d'un principe essentiel, sur quoi s'est édifié réellement et repose tout l'édifice, jamais achevé, de la connaissance scientifique », répond celle de Schaffner : « Il n'y a pas de logiques distinctes de découverte et de justification, mais plutôt il existe essentiellement une logique d'investigation scientifique, ou un organon, qui est utilisé dans les deux contextes de découverte et de justification⁶⁷⁹ ».

Les conceptions unitaires de Schaffner et Monod s'opposent à la dichotomie formalisée par Reichenbach et que Popper avait d'une certaine façon défendue dès *Les deux problèmes*

⁶⁷⁶ (“*a paradigm example of a theory in molecular genetics*” – je traduis -), SCHAFFNER Kenneth, "Logic of Discovery and Justification in Regulatory Genetics" in *Stud. Hist. Phil. Sci.* 4, 349, 1974, p. 349.

⁶⁷⁷ “(...) Les travaux antérieurs de Vogel, de Gorini et Maas et d'autres avait démontré que la répression n'était pas due, comme nous avons pu le croire, à un effet d'anti-induction. J'avais toujours espéré que la régulation des systèmes « constitutifs » et celle des systèmes inductibles pourraient un jour s'expliquer par un même mécanisme. Pourquoi alors, puisque l'existence de systèmes répressibles et leur extrême généralité étaient maintenant démontrées, ne pas supposer que l'induction pourrait résulter d'un effet antirépresseur plutôt que la répression d'un effet anti-inducteur ? ». MONOD Jacques, *Leçon inaugurale*, *op.cit.*, p. 111.

⁶⁷⁸ SCHAFFNER Kenneth, "Logic of Discovery and Justification in Regulatory Genetics", *op.cit.*, p. 368.

⁶⁷⁹ (“*I think, is that there are not separate logics of discovery and justification, rather there is essentially one logic of scientific inquiry, or one organon, which is utilized in both discovery and justification contexts*” – je traduis-), SCHAFFNER Kenneth, "Logic of Discovery and Justification in Regulatory Genetics", *op.cit.*, p. 378.

fondamentaux de la théorie de la connaissance : « En science, la méthode n'est pas l'art et la manière dont on découvre quelque chose, mais une procédure par laquelle on le justifie⁶⁸⁰ ». La conception intuitionniste vécue et défendue par Jacob, à partir du moment où elle s'accompagne d'une logique de justification par le critère de démarcation, peut tout à fait cadrer avec une certaine vision poppérienne pour laquelle la façon même dont les hypothèses scientifiques s'élaborent est finalement secondaire. Cependant l'on a vu que la position de Popper n'était pas dépourvue d'ambiguïté car parallèlement à l'opposition du *quid facti* et du *quid juris* kantien, Popper réclame du chercheur qu'il satisfasse aux règles de réfutabilité et (ou) de réfutation ce qui rejoint l'interprétation qu'en a donné Monod.

Pouvoir conclure sur une identité ou une dissemblance des procédures et des logiques mises en œuvre au cours des contextes de découvertes et de justification est une tâche ardue et nécessiterait une étude beaucoup plus exhaustive qui dépasserait le cadre de la présente thèse. Nous nous bornerons à remarquer ici que même un expérimentateur informé et avisé des thèses poppériennes comme Monod, ne peut se réclamer d'une démarche strictement falsificatrice en contexte de découverte. S'il est malaisé d'identifier précisément *a posteriori* les procès et méthodes mis en œuvre lors de la « science de nuit », la tâche s'avère beaucoup plus abordable quand il s'agit du contexte de justification.

Nous nous proposons de nous placer maintenant non plus directement en contexte de découverte, mais d'étudier deux justifications théoriques qui nous semblent chacune pertinente vis-à-vis du critère poppérien.

⁶⁸⁰ POPPER Karl R., *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1931-32), *op.cit.*, p. 28.

2. « Un instrument critique utilisable *a posteriori* pour l'évaluation d'une théorie...⁶⁸¹ »

La première concerne la justification du modèle théorique directement issu des expériences *PaJaMo* et baptisé dès 1959 « opérateur » par Jacob et Monod, modèle qui sera au centre de la théorie de l'opéron lactose. Cette justification s'appuie sur trois principaux arguments qui sont bien mis en valeur dans les comptes rendus de l'Académie des sciences et les mémoires de Jacob : un argument analogique (1), deux arguments prédictifs (2).

(1) L'argument analogique : c'est celui-là même que Schaffner pensait avoir caractérisé dans le cadre du contexte de découverte et qui est clairement présenté comme analogique par Jacob et Monod dans le compte rendu d'octobre 1959 de l'Académie des sciences : « L'analyse de ces systèmes révèle cependant des analogies remarquables⁶⁸² ». Si nous le plaçons ici, c'est qu'il ne semble en aucune manière du ressort du contexte de découverte, car cette analogie, dont l'instigateur est François Jacob⁶⁸³ est clairement postérieure aux expériences *PaJaMo* et si elle motive le concept naissant d'opérateur, elle ne peut avoir été le moteur des expérimentations pour une simple raison chronologique. Rappelons que cette analogie est fondée sur le parallélisme entre le fonctionnement des gènes de régulation, *i* du système lactose et *c* du phage⁶⁸⁴. Les historiens des sciences, comme Schaffner, ont repris textuellement l'argument d'analogie sans le plus souvent en élaborer une critique épistémologique. Une analogie telle qu'elle est entendue au sens courant correspond à une « ressemblance plus ou moins lointaine, particulièrement entre deux choses qui ne se ressemblent pas dans leur aspect général, et qui ne peuvent être subsumées sous un même

⁶⁸¹ MONOD Jacques, préface de POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, *op.cit.*, p. 3.

⁶⁸² JACOB François, MONOD Jacques, « Gènes de structure et gènes de régulation dans la biosynthèse des protéines », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, 249, 1959, p.1282.

⁶⁸³ François Jacob raconte dans *La statue intérieure* comment, au cours d'une séance de cinéma « l'éblouissement de l'évidence » lui procure « une joie intense, un plaisir sauvage » (*op.cit.*, p. 332 et 333).

⁶⁸⁴ « Dans les cas, un groupe de gènes normalement inactifs pouvait être induits à volonté ; dans les deux cas, cette inactivité semblait due à l'effet d'un autre gène : C1 chez le phage, *i* dans le système lactose ; dans les deux cas, l'analyse génétique montrait que l'allèle sauvage de ce gènes était exprimé par un produit cytoplasmique, par un répresseur bloquant d'une manière ou d'une autre l'expression des autres gènes ». JACOB François, « Le Temps des modèles », *op.cit.*, p.100. Dans le compte rendu de l'Académie des sciences, l'analogie porte aussi sur le gène R_{Trp} du système tryptophane.

concept⁶⁸⁵ ». Il nous semble que l'analogie identifiée par Jacob et Monod va au-delà d'une vague ressemblance et qu'elle touche le fond même, ou si l'on préfère l'essence des deux systèmes puisque qu'elle suggère un mécanisme commun. Ce qu'André Lalande définit comme une « analogie au sens primitif et propre », que l'on qualifie parfois d'homologie. Bien que ce type d'argument, à rapprocher de l'induction, ne soit pas de ceux dont Popper considère comme épistémologiquement valide, notons qu'il se révèle être beaucoup plus solide qu'une simple analogie de ressemblance. Ajoutons que cette analogie n'est pas isolée, mais s'accompagne d'une hypothèse explicative de nature logique, puisque dans les deux cas l'induction s'effectue en inactivant un répresseur (ce que Monod appela la « théorie du double bluff »).

(2) Les arguments prédictifs : ils sont représentés par deux ensembles de prédictions qui, selon les propos même de François Jacob⁶⁸⁶, proviennent de la réflexion de Monod. Tout d'abord, les gènes de structures constituant une seule unité d'expression, les synthèses de la β -galactosidase et de la perméase (puis par la suite de la β -galactoside transacétylase) devaient être totalement coordonnées et rester dans le même rapport quel que soient les conditions expérimentales. Dans notre nomenclature il s'agit d'une prédiction sur la base d'une relation causale postulée (**Pic**). La seconde prédiction consiste à annoncer l'existence de mutants spécifiques :

« Une mutation intervenant dans cette structure hypothétique, qu'on pourrait appeler l'« *opérateur* » du groupe de gènes qu'elle commanderait, pourrait se traduire par une perte de sensibilité au répresseur. De tels mutants apparaîtraient comme des *constitutifs dominants pléiotropes*⁶⁸⁷ ».

Cette prédiction de la séance du 5 octobre 1959 des *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences* est remarquable, car du ressort des prédictions inédites extraordinaires (**Pe**). Quatre mois plus tard (le 29 février 1960) la prédiction est validée :

⁶⁸⁵ LALANDE André, *Vocabulaire technique et critique de la philosophie* (1926), Paris, collection Quadrige, PUF, 2002, pp. 51, 52.

⁶⁸⁶ JACOB François, *La statue intérieure*, *op.cit.*, p.337.

⁶⁸⁷ JACOB François, MONOD Jacques, « Gènes de structure et gènes de régulation dans la biosynthèse des protéines », *op.cit.* p. 1284.

« A partir d'un diploïde $i+z-/F-i+z+$, des mutants constitutifs (o^c) ont été isolés. (...) Chez les bactéries hétérozygotes pour o et pour z , la perméase ainsi que la galactosidase ou la protéine Cz sont partiellement constitutives, mais que seul l'allèle de z ou de y placé en *cis* par rapport à o^c est exprimé constitutivement, l'allèle *trans* demeurant strictement inductible comme dans le génotype $o+/o+$. La mutation constitutive o^c est donc pléiotrope, dominante, et son effet ne se manifeste qu'en position *cis*⁶⁸⁸ ».

Du point de vue du critère de démarcation, les prédictions que nous avons classées **Pic** et **Pe** sont toutes deux réfutables empiriquement ce qui pourrait être un atout important vis à vis de leur valeur scientifique. Le fait que Monod et Jacob n'en fassent pas référence ne permet pas en soit de les écarter du contexte de justification, il faut et il suffit que l'on retrouve des indications de recherche de réfutations effectives. Notons tout d'abord que le terme de « prédictions très distinctives⁶⁸⁹ » est nettement mis en avant dans le compte rendu de 1960 (contrairement à celui de 1959), ce qui suggère une possible « prise de conscience poppérienne ». Rappelons ensuite que les deux prédictions ont été validées respectivement par les travaux de Monod et ceux de Jacob. Concernant Jacob il est indéniable qu'il n'a pas eu recherche de réfutation, car le savant, comme il le souligne dans ses mémoires⁶⁹⁰, poursuivait comme seul objectif l'obtention de mutants constitutifs dominants pléiotropes permettant de confirmer son modèle théorique de l'opérateur. Soulignons cependant qu'il ne s'agit pas d'une confirmation ordinaire comme pourrait l'être celle d'un modèle D-N d'explication mais bien d'une certaine forme de corroboration même si elle ne répond pas strictement au sens même où Popper la définit, c'est-à-dire devant opérer dans un contexte de recherche de réfutation. Pour Monod, la conclusion est beaucoup plus discutable, étant entendu que les dosages des différentes protéines en présence d'induction peuvent tout à fait être interprétés soit dans un registre de réfutation (si l'on recherche une incoordination des dosages) soit de

⁶⁸⁸ JACOB François, PERRIN David, SANCHEZ Carmen, MONOD Jacques, « L'opéron : groupe de gènes à expression coordonnée par un opérateur », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, 250,1960, p.1228.

⁶⁸⁹ *Ibid*, p.1227.

⁶⁹⁰ « De mon côté, il me revenait d'isoler le mutant "constitutif dominant en cis" du système lactose », JACOB François, *La statue intérieure, op.cit.* p. 340.

vérification (si l'on recherche une coordination des dosages). Il est intéressant de noter que dans ce cas le choix épistémologique n'influe pas sur la pratique expérimentale.

L'objectif de cette section était de se placer dans des conditions, que nous pensons, optimales afin d'observer une mise en jeu effective du critère de démarcation : un contexte de justification, un modèle théorique prédictif (notamment **Pe**) à risque, une maîtrise de l'épistémologie poppérienne par les participants. Si à travers la mise en place d'une logique prédictive, on perçoit chez Monod une certaine volonté de justifier le modèle théorique de l'opérateur selon un procédé finalement assez proche du critère de démarcation poppérien, force est de constater qu'il ne s'y réduit pas. D'une part la recherche de réfutation n'est pas établie avec certitude, mais surtout des procédures clairement inductives (raisonnements analogiques) mais aussi de vérification viennent compléter la panoplie argumentative du chercheur en contexte de justification. Par contre Jacob, qui rappelons-le est à l'origine du modèle opéron, se place dans une logique essentiellement de vérification de son concept.

La seconde étude porte sur la théorie allostérique ou « modèle de la transition concertée » formulée par Jacques Monod, Jeffries Wyman et Jean-Pierre Changeux et assez abondamment commentée par les historiens des sciences. L'article princeps, « On the Nature of Allosteric Transitions : A Plausible Model⁶⁹¹ », paraît en 1965. Comme l'ont souligné de nombreux observateurs, la forme et le contenu de l'article sont assez inhabituels pour la biologie : il commence par l'énoncé de postulats portant sur les caractéristiques des protéines allostériques et se poursuit par un développement théorique explicatif des transitions allostériques. Ces postulats sont les suivants : (1) les protéines allostériques sont des oligomères constitués de protomères (sous unités) identiques, (2) les protomères sont disposées de manière symétrique les uns par rapport aux autres, (3) chaque protomère contient un site de liaison du ligand, (4) l'oligomère peut exister dans deux états conformationnels

⁶⁹¹ MONOD Jacques, WYMAN Jeffries, CHANGEUX Jean-Pierre, « On the Nature of Allosteric Transitions : A Plausible Model » in *Journal of Molecular Biology*, 12, pp. 88-118, 1965.

différents (« relâché » ou « tendu ») ; ces états conformationnels sont en équilibre, (5) la transition entre les deux états conformationnels se fait avec conservation de la symétrie. L'allostérie est expliquée par un déplacement de l'équilibre des états conformationnels lors de la liaison du ligand (vers l'état ayant l'affinité la plus élevée). On peut illustrer ce modèle par les schémas présentés par Monod dans sa conférence Nobel.

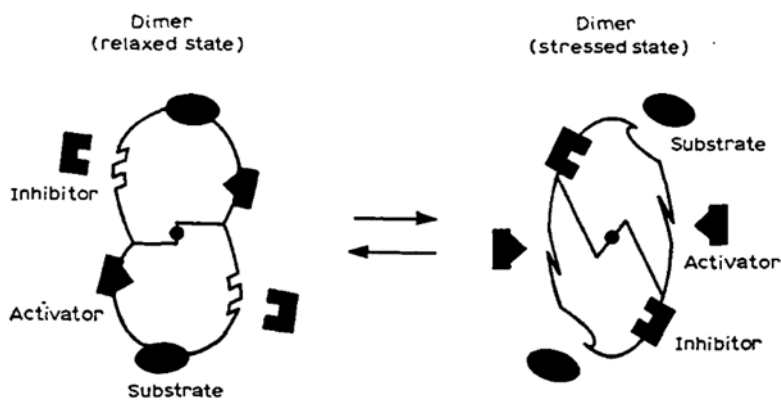


Fig. 12 - Modèle de transition allostérique se produisant dans un dimère symétrique

(Note de la figure : Dans l'une des deux conformations, la protéine peut s'associer au substrat ainsi qu'au ligand activateur. Dans l'autre conformation, elle peut s'associer au ligand inhibiteur⁶⁹²)

La simple question que nous nous posons est de savoir si, au sens de Popper, la théorie allostérique répond aux caractéristiques d'« une bonne théorie scientifique⁶⁹³ » ?

Concernant la prédictibilité, Monod et ses collaborateurs associent à ce modèle une courbe prédictive des propriétés cinétiques permettant d'identifier et de caractériser simplement tout système allostérique :

⁶⁹² MONOD Jacques, Conférence Nobel faite le 11 décembre 1965, *op.cit.*, p. 116.

⁶⁹³ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique* (1963), *op.cit.*, p.321.

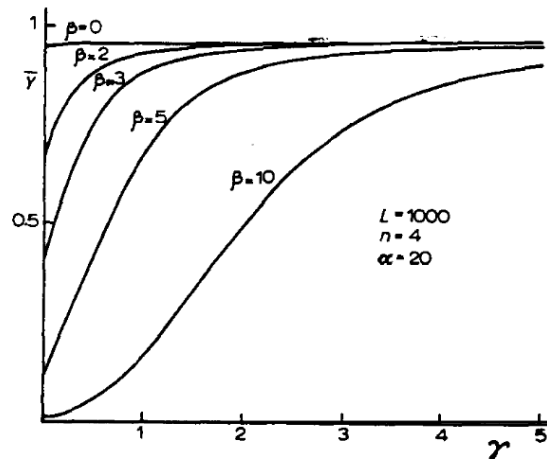


Fig.13 - Courbe théorique calculée de l'activité d'une enzyme allostérique en fonction de la concentration en substrat et en présence éventuelle d'activateurs et d'inhibiteurs⁶⁹⁴

Les propriétés prédictives cinétiques de la théorie allostérique traduisent un phénomène coopératif entre molécules de substrat, comparable à la fixation du dioxygène sur le tétramère hémoglobulinique⁶⁹⁵ (courbe sigmoïde) et totalement opposé au comportement hyperbolique des enzymes « michaeliennes ». Cette capacité prédictive serait donc un premier atout important vis-à-vis de la « qualité épistémologique » de la théorie.

Outre le fait qu'elle ne doit pas être contradictoire, la théorie doit principalement posséder un important contenu empirique c'est-à-dire être aisément réfutable, donc restreindre au minimum l'éventail des événements permis, notamment vis-à-vis d'autres théories en concurrence. Le modèle allostérique, comme la présentation précédente le met en évidence, impose aux enzymes régulées un certain nombre de caractéristiques structurales et fonctionnelles très strictes : plusieurs sous unités semblables, symétrie originelle et après transition, présence de deux états responsables de modifications de l'affinité de plusieurs sites de liaisons spécifiques, etc. Si on le compare aux théories enzymatiques en concurrence, le modèle clef-serrure classique d'Hermann Emil Fisher ou de l'ajustement induit de Daniel

⁶⁹⁴ MONOD Jacques, WYMAN Jeffries, CHANGEUX Jean-Pierre, « On the Nature of Allosteric Transitions : A Plausible Model » *op.cit.*

⁶⁹⁵ Travaux de Max Perutz et de John Kendrew (1960), prix Nobel de chimie « pour leurs études des structures des protéines globulaires » en 1962.

Koshland, on s'aperçoit qu'il est beaucoup plus informatif. Le modèle de la clef-serrure est figé et ne permet pas de rendre compte des interactions indirectes entre récepteurs distincts à la surface de l'enzyme, interactions identifiées par Monod, Jean-Pierre Changeux et François Jacob⁶⁹⁶. Seul celui de Koshland est directement en concurrence avec le modèle de Monod car il explique aussi les changements conformationnels au sein des protéines lors de la fixation du substrat (éventuellement de l'activateur ou de l'inhibiteur). Cependant, comme le signale Michel Morange⁶⁹⁷, le modèle de l'ajustement induit postule n états de conformation successifs, ce qui multiplie les constantes nécessaires à son fonctionnement, contrairement à celui de la transition concertée qui ne nécessite que deux états (relâché et tendu). Associé aux contraintes structurales strictes (comme la conservation de la symétrie), ces caractéristiques mettent en avant que le modèle de Monod, étant très précis et autorisant un éventail très limité de possibilité, correspond tout à fait aux exigences d'une théorie d'un haut degré de réfutabilité : « A un degré d'universalité ou de précision plus élevé correspond un contenu empirique (ou logique) plus grand, et donc un degré de falsifiabilité plus élevé⁶⁹⁸ ». A ce propos, Antoine Danchin fait l'analyse suivante :

« Bizarrement, l'attitude qui prévaut le plus fréquemment, même dans les journaux de la meilleure réputation internationale, est une tendance, d'une part, à produire « des modèles irréfutables » et, d'autre part, à essayer de « vérifier » les théories plutôt qu'à les réfuter. A cet égard, les théories de l'opéron aussi bien que de l'allostérie sont exemplaires. Dans la dernière, le modèle de Monod-Wyman-Changeux n'utilise que *deux* (au plus trois) constantes phénoménologiques pour décrire la régulation allostérique, alors que le modèle « équivalent » de Koshlan-Nemethy et Filmer requiert au moins (dans le cas d'un dimère) *quatre* constantes de ce type pour décrire le même phénomène. Ainsi le modèle K-N-F est pratiquement irréfutable (d'où son succès surprenant dans la communauté scientifique)⁶⁹⁹».

⁶⁹⁶ MONOD Jacques, CHANGEUX Jean-Pierre, JACOB François, "Allosteric proteins and cellular control systems », in *Journal of Molecular Biology*, 6, pp. 306–329, 1963. Rappelons que ces travaux héritent notamment des recherches historiques sur la phosphorylase b du muscle du lapin de Gerty T. Cori.

⁶⁹⁷ MORANGE Michel, « Régulation du vivant » in *Les mousquetaires de la nouvelle biologie : Monod Jacob Lwoff*, Pour la Science, n°10, février 2002, p. 55.

⁶⁹⁸ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., p. 122.

⁶⁹⁹ DANCHIN Antoine, « Conjectures et réfutations » in *Les Origines de la biologie moléculaire : un hommage à Jacques Monod*, op.cit., pp. 249,250.

Michel Morange en conclut qu'il s'agit de « deux modèles au statut épistémologique différent⁷⁰⁰ » : « Ainsi, le modèle allostérique, plus "falsifiable" que le modèle de l'ajustement induit car plus informatif, aurait un caractère plus scientifique que ce dernier⁷⁰¹ » et rappelle que « ce n'est pas un hasard si Jacques Monod préface la traduction trop souvent différée de l'ouvrage majeur de ce philosophe, *La logique de la découverte scientifique*⁷⁰² ». Du point de vue de l'histoire des sciences, l'affaire semble entendue, la théorie allostérique est l'archétype même d'une « bonne théorie scientifique » au sens de Popper, et contrairement à ses premières recherches, Monod aurait suivi les recommandations poppériennes à la lettre. A la lettre parce qu'ici, ce qui est observé, ce n'est pas la science telle qu'elle se fait au quotidien, mais bien la science telle qu'elle doit se faire selon la normativité poppérienne.

Pourtant ce n'est pas du tout la façon dont Monod perçoit sa propre théorie, et cette remarque de la conférence Nobel de 1966 semble avoir échappée aux observateurs :

« L'inconvénient de cette conception, c'est justement que son pouvoir d'explication est si grand qu'elle n'exclut rien ou presque : il n'est pas de phénomène physiologique, si complexe et mystérieux soit-il, dont on ne puisse disposer, au moins sur le papier, à l'aide de transitions allostériques. Aussi étais-je bien de l'avis de mon ami Boris Magazanick qui me faisait objecter, il y a quelques années, que c'était la théorie la plus décadente de la biologie⁷⁰³ ».

Le point de vue de Monod est à l'opposé même de celui de l'historien des sciences. Si la théorie allostérique est « la plus décadente de la biologie », c'est parce « qu'elle n'exclut rien ou presque », c'est-à-dire, qu'en termes poppériens, la classe de ses falsificateurs virtuels est pratiquement nulle, au point de se rapprocher d'un énoncé tautologique. Selon Monod, sa propre théorie n'est pas vraiment facilement réfutable car elle est en mesure d'expliquer « tout phénomène physiologique si complexe et mystérieux soit-il ». Comparer avec cette remarque de Michel Morange :

⁷⁰⁰ MORANGE Michel, « Régulation du vivant », *op.cit.*, p. 54

⁷⁰¹ *Ibid.*, p. 58.

⁷⁰² *Ibid.*, p. 54.

⁷⁰³ MONOD Jacques, Conférence Nobel faite le 11 décembre 1965, *op.cit.*, p. 117. Voir aussi, CHANGEUX Jean-Pierre, « Une thèse avec Jacques Monod », in *Les Origines de la biologie moléculaire : un hommage à Jacques Monod*, *op.cit.* p. 204.

« Ces deux caractéristiques du modèle allostérique résultent du souci permanent de J. Monod de mettre un peu d'ordre dans le foisonnement anarchique des potentialités du vivant. Elles sont aussi le fruit de son adhésion à la philosophie des sciences de K. Popper : ce qui fait avancer la science, ce sont les modèles aisément falsifiables et non les théories “ expliquent-tout”⁷⁰⁴ ».

Les deux positions semblent *a priori* inconciliables et on ne peut que rester perplexe et dubitatif devant un si grand hiatus. Faudrait-il suivre la position de l'historien, dont on peut penser que le recul⁷⁰⁵ et la maîtrise de l'épistémologie poppérienne lui permettent d'avoir une vision plus objective, ou bien faudrait-il plutôt croire Monod qui est lui-même le géniteur, qui plus est épistémologiquement éclairé, de la théorie en question ? D'ailleurs, fort logiquement Monod termine son article non pas par le souhait que sa théorie soit soumise à l'épreuve de la réfutation (qu'il croit savoir presque impossible) mais bien plutôt de la vérification : « Que la corrélation proposée soit vérifiée par l'expérience, j'y verrais une raison supplémentaire de confiance dans le développement de notre discipline (...) ⁷⁰⁶ ». A moins de considérer qu'ils ont tous deux torts, sur quels éléments devrions-nous nous appuyer pour trancher entre la thèse de Monod et celle de Morange ? Nous ferons un quatrième choix, celui le plus contraire aux apparences logiques, en considérant que non seulement chaque position est « logiquement valide », mais aussi que les deux thèses, pourtant contradictoires, sont possibles de concert. Les deux dernières sous-parties, plus techniques, répondront précisément aux interrogations soulevées.

Maintenant, concernant l'importante liste d'illustres scientifiques se réclamant de Popper, on peut se rapprocher de l'explication fournie par Mulkay et Gilbert :

⁷⁰⁴ MORANGE Michel, « Régulation du vivant », *op.cit.*, p. 54.

⁷⁰⁵ Concernant la réfutation, l'histoire a en partie tranché la question. Grâce notamment aux études par diffraction aux rayons X des complexes macromoléculaires, un certain nombre de systèmes protéiques répondent effectivement à l'*esprit* du modèle allostérique, ils sont souvent organisés de façon symétrique avec des modifications de conformation à la suite d'interactions moléculaires à l'interface de sous-unités. Signalons, par exemple, le récepteur nicotinique à l'acétylcholine identifié par Jean-Pierre Changeux. Il s'agit d'un pentamère à symétrie imparfaite pour lequel la fixation de deux molécules d'acétylcholine entraîne le transfert de cations (Na⁺...) et donc une dépolarisation membranaire (récepteur ionotrope). Jean-Pierre Changeux identifie trois états (conformation ouverte, fermée et réfractaire). Cependant, pris à la lettre, la théorie de Monod peut être considérée comme réfutée car elle est loin de posséder l'universalité originelle supposée, de plus l'ajustement induit de Koshland a trouvé sa place dans certains mécanismes enzymatiques (par exemple pour les hexokinases).

⁷⁰⁶ MONOD Jacques, Conférence Nobel faite le 11 décembre 1965, *op.cit.*, p. 120.

« La généralité des règles poppériennes, leur manque de particularisation interprétative et leur dépendance à l'égard des relations sociales institutionnalisées, permettent à chaque scientifique une liberté considérable pour concevoir ses propres actions à caractère poppérien et d'attribuer sa réussite intellectuelle à l'efficacité de l'approche poppérienne. C'est la seule raison pour laquelle les témoignages publics à Popper sont fréquemment produits par des hommes éminents et pourquoi de telles expressions d'approbation donnent une impression trompeuse de l'influence réelle de ce philosophe sur la pratique scientifique⁷⁰⁷ ».

L'influence réelle de Popper sur la pratique des scientifiques, et en particulier des nombreux prix Nobel, semble bien, si ce n'est usurpée, fortement exagérée. Elle doit se comprendre, avant tout, comme une reconstruction théorique *a posteriori* dans le cadre normatif dressé par Popper lui-même.

Pourtant l'histoire des sciences présentée comme l'histoire de réfutations successives s'oppose à cette vision réductrice du critère de démarcation.

3. Le critère de démarcation dans l'histoire des sciences

Nous avons vu que Popper dans l'*Introduction* de 1982, afin de justifier le critère de démarcation par sa fécondité⁷⁰⁸, énumère une liste d'exemples de réfutations historiques « réunis presque au hasard ». Cette liste, de la réfutation de la théorie atomistique à celle de la conservation de la parité dans les interactions faibles, est, d'un point de vue didactique, très impressionnante. En cinquième position, par exemple, Popper cite « la réfutation par Lavoisier de la théorie du phlogistique, qui ouvre la voie à la chimie moderne⁷⁰⁹ ». Il est, en effet, très tentant de décrire les travaux d'Antoine Lavoisier comme une démarche de réfutation de la théorie du phlogistique élaborée par Georges Ernst Stahl (1659-1734). Regardons de plus près cet exemple historique.

⁷⁰⁷ (“The generality of the popperian rules, their lack of interpretative particularization and their dependence of institutionalized social relationships, allow individual scientists considerable freedom to conceive of their own actions as popperian in character and to attribute their intellectual success to the effectiveness of the popperian approach. This one reason why public testimonials to Popper are frequently produced by eminent men and why such expressions of approval give a misleading impression of this philosopher's actual influence on scientific practice” – Je traduis -). MULKAY Michael & GILBERT G. Nigel, “Putting Philosophy to Work: Karl Popper's Influence on Scientific Practice”, *op.cit.* p. 407.

⁷⁰⁸ Voir section I.C.6.

⁷⁰⁹ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (Introduction de 1982), p. 9.

La théorie affirme que tous les matériaux inflammables contiennent du phlogistique, une substance incolore et inodore qui serait dégagée en brûlant. Une fois brûlée, la substance « déphlogistiquée » apparaîtrait sous sa vraie forme. La perte de masse résultant d'une combustion était attribuée au départ du phlogistique. A cours du XVIIIe siècle, un fait étonnant avait été plusieurs fois observé ; certains métaux pesaient plus lourd après combustion qu'avant. En novembre 1772, Lavoisier remet à l'Académie des sciences, une note scellée qui sera ouverte en mai de l'année suivante⁷¹⁰. Cette note apporte la preuve quantitative que la combustion dans l'air du soufre ou du phosphore, entraîne un gain de poids de ces corps. Ces résultats expérimentaux réfutent directement la théorie du phlogistique, dont Joseph Priestley était l'un des partisans, qui prévoyait au contraire, par libération du phlogistique, une diminution de masse. Pourtant il faudra attendre les expériences de combustion, dont Lavoisier fait le compte-rendu en 1777, permettant l'identification du gaz oxygène, pour sonner le glas de la théorie du phlogistique. Alors que Joseph Priestley, qui avait découvert indirectement le dioxygène de l'air qu'il appela « air déphlogistiqué », continuait de défendre, en l'adaptant, la théorie du phlogistique, Lavoisier en entreprendra une critique en règle en 1783 dans ses *Réflexions sur le phlogistique*. Pour Thomas Kuhn, « c'est essentiellement parce qu'un changement majeur de paradigme était nécessaire pour voir ce que voyait Lavoisier que Priestley resta, jusqu'à la fin de sa vie, incapable de voir⁷¹¹ ». Ce ne serait donc pas directement par la réfutation répétée de la théorie de Stahl qu'advint une nouvelle chimie⁷¹², mais bien plutôt de l'accumulation d'« anomalies », au premier desquelles l'augmentation de masse après combustion, entraînant progressivement une perte de confiance dans les capacités explicatives de la théorie du phlogistique. C'est cette perte totale

⁷¹⁰ Voir par exemple, VIGNAIS Pierre, *Science expérimentale et connaissance du vivant*, EDP sciences, Les Ulis 2006, p. 112.

⁷¹¹ KUHN Thomas S., *La structure des révolutions scientifiques* (1962), *op.cit.*, p. 88.

⁷¹² La théorie du phlogistique a été aussi défendue par Guyton de Morveau qui considérait que le phlogistique était plus léger que l'air, il a même été avancé qu'il posséderait un poids négatif.

⁷¹² KUHN Thomas S., *La structure des révolutions scientifiques* (1962), *op.cit.*, p. 114.

de confiance, comme on le sait, que Kuhn appelle une crise. Cette crise ne pouvait être résolue que par un changement de paradigme c'est-à-dire comme l'avènement d'un nouveau cadre de pensée délimitant les problèmes et les solutions acceptables par les acteurs de la communauté scientifique. Plus généralement, Kuhn interprète toute modification théorique historique fondamentale comme un changement de paradigme. Il en serait ainsi du remplacement de la cosmologie ptoléméenne par celle de Copernic ou celui du paradigme physique newtonien par celui d'Einstein.

Et concernant donc l'importance de la recherche de réfutation, Kuhn est catégorique :

« L'étude historique du développement scientifique ne révèle aucun processus ressemblant à la démarche méthodologique qui consiste à « falsifier » une théorie au moyen d'une comparaison directe avec la nature⁷¹³ ».

Ce n'est donc pas l'identification de réfutabilités et la recherche de réfutations successives qui guident le chercheur, mais plutôt la volonté de résoudre les questions encore irrésolues dans le cadre de ce que Kuhn appelle la « science normale ». Dans une période de science normale, les tests ne sont pas dirigés contre la théorie paradigmatique, mais ce qui est testé, c'est l'ingéniosité du praticien et sa capacité à proposer une bonne solution. Ce n'est qu'éventuellement, face aux « anomalies » qui s'accumulent comme autant d'énigmes récalcitrantes que pourra être construit un nouveau système paradigmatique. Nombreuses sont les réfutations de théories qui demeurent comme « des cadavres cachés dans une malle⁷¹⁴ », dont l'exemple emblématique est celui du périhélie de mercure, tant qu'une autre théorie n'est pas en mesure de les expliquer. On retrouve la thèse centrale d'Imre Lakatos, pour lequel on ne peut pas parler de réfutation avant que n'apparaisse une « théorie meilleure », les réfutations mineures n'opérant que sur la ceinture protectrice et non le cœur même, métaphysique, de la théorie. Plus généralement, Kuhn pense que les processus que Popper attribue à toute l'activité scientifique sont plutôt particuliers à la « science révolutionnaire » :

⁷¹³ *Ibid.*, p. 114.

⁷¹⁴ JACOB François, « Le Temps des modèles », *op.cit.*, p.102.

« Un regard attentif sur l'activité scientifique suggère que c'est la science normale, dans laquelle le genre de test de Sir Karl ne se produit pas, plutôt que la science extraordinaire, qui distingue en pratique la science d'autres activités. Si un critère de démarcation existe (il ne faut pas, je pense, en chercher un, tranchant ou décisif), il peut se trouver justement dans cette partie de la science que Sir Karl ignore⁷¹⁵ ».

Ainsi, le test de théories serait pertinent seulement dans le cadre de la « recherche extraordinaire », quand les scientifiques tentent de résoudre une crise initiale ou doivent décider entre des paradigmes en concurrence. Pour Kuhn la réfutabilité est étrangère à l'activité ordinaire d'un chercheur. Il s'ensuit que le critère de démarcation, s'il existe, devrait être trouvé au sein de la science normale, et ne pourrait donc être caractérisé par la réfutabilité comme Popper le défend⁷¹⁶. On peut même ajouter que, dans le cadre de la crise, une « hypothèse métaphysique » ne deviendrait scientifique, non pas parce qu'elle est susceptible d'être réfutée, mais parce qu'un nombre suffisant de chercheurs, ayant changé de point de vue, commence à croire à sa validité épistémique.

Plus généralement, il semble que l'interprétation de l'histoire des sciences comme une succession de réfutations soit aussi une affaire de point de vue. Car, en effet, il est toujours possible, *a posteriori*, de faire apparaître le déroulement d'une recherche comme la réfutation directe d'une ancienne théorie, comme on a pu le voir avec les travaux de Monod. L'enquête sociologique de Michael Mulkay et G. Nigel Gilbert abonde dans le même sens : « il est assez facile d'appliquer des règles poppériennes rétrospectivement, une fois qu'on a décidé ce qui,

⁷¹⁵ (“Finally, and this is for now my main point, a careful look at the scientific enterprise suggests that it is normal science, in which Sir Karl's sort of testing does not occur, rather than extraordinary science which most nearly distinguishes science from other enterprises. If a demarcation criterion exists (we must not, I think, seek a sharp or decisive one), it may lie just in that part of science which Sir Karl ignores” – je traduis-). KUHN Thomas S., “Logic and psychology of discovery” in *The Philosophy of Karl Popper*, The Library of Living Philosophers, edited by Paul Arthur Schilpp, 1974, p. 802.

⁷¹⁶ Popper répondra à Kuhn en 1970, dans un article intitulé “La science normale et ses dangers” ; (POPPER Karl R., “Normal Science and its Dangers” in *Criticism and the Growth of Knowledge*, Edited by Imre Lakatos & Alan Musgrave, Cambridge university Press, 1970, p.51-58). Il dit se retrouver dans la majorité des thèses de Kuhn, mais fait remarquer que ce que Kuhn appelle science normale n'a rien de très normal et qu'il y décèle un grand danger ; celui qui consiste à normaliser une pratique d'acceptation des « anomalies » non critique qui ne doit pas être celle du scientifique. Les deux philosophes se situent indéniablement dans deux registres différents correspondant à deux sens de la normalité comme a pu le définir Georges Canguilhem (*Le normal et le pathologique*, 1966). Ainsi que nous l'avons montré, le critère de démarcation poppérien s'enracine dans une normativité logique nécessaire qui s'oppose à la normalité historique, sociologique et même psychologique de Kuhn. Cependant, en justifiant le critère de démarcation par l'histoire, Popper ne peut se soustraire à la critique kuhnienne.

du point de vue scientifique est correct⁷¹⁷ ». En tout état de cause, la position de Popper est incompatible avec de nombreuses études d'histoire des sciences qui mettent au jour, si ce n'est une absence totale de règles méthodologiques précises (Feyerabend -1975-), une démarche étrangère à la recherche systématique de réfutation⁷¹⁸. La mise en perspective de Kuhn est par ailleurs reprise par la sociologie des sciences qui met en avant l'importance fondamentale des facteurs sociaux intra-théorique mais aussi extra-théoriques dans toute entreprise scientifique. La sous-détermination de la théorie par les faits, responsable de « controverses⁷¹⁹ » entre chercheurs, engendre de fragiles consensus. Les acteurs avec leur compétence, leur capital et intérêts s'affrontent, de sorte qu'il se produit des rapports de force entre camps adverses. Les « vérités » de la science résultent de ces rapports de force et, pour certains, en seraient même l'unique expression. Controverses, confrontations, rapport de force, forment le vocabulaire de base de la sociologie des sciences qui déplace ainsi, ontologiquement, la lutte entre théories rivales sur le terrain des personnes. Ces dernières, pour lesquelles les faits sont d'autant d'alliés, construisent et essaient d'imposer une réalité, que Bruno Latour définit comme la résistance à la fameuse épreuve de force⁷²⁰. Du point de vue de la sociologie des sciences, la discréditation du chercheur prend le pas sur la réfutation de sa théorie. Pour le domaine qui nous concerne directement, Pierre Bourdieu résume ainsi la situation : « Bref, le falsificationnisme poppérien donne une image idéalisée des solutions apportées par le *core set* [noyau central] de savants au cours de leurs disputes⁷²¹ ». Dans une optique poussée à l'extrême et provocatrice, on peut même comprendre la participation du critère de démarcation aux luttes rivales, non plus comme élément de discrimination

⁷¹⁷ (“(...) *it is fairly easy to apply Popperian rules retrospectively, once one has decided which scientific perspective is correct*” – je traduis -). MULKAY Michael & GILBERT G. Nigel, “Putting Philosophy to Work: Karl Popper's Influence on Scientific Practice”, *op.cit.*, p. 401.

⁷¹⁸ Voir section I.C.3.

⁷¹⁹ BARNES Barry & BLOOR David, “Relativism, Rationalism and Sociology of Knowledge” in *Rationality and Relativism*, Nollis M. et Lukes S. (éds), Oxford, Blackwell, 1982.

⁷²⁰ « La réalité est ce qui résiste (...) à l'épreuve de force ». LATOUR Bruno, *La science en action* (1987), trad. de Michel Biezunski, Editions La Découverte, 2005, p. 228.

⁷²¹ BOURDIEU Pierre, *Science de la science et réflexivité*, cours du collège de France 2000-2001, Editions Raisons d'Agir, 2001, pp. 45 et 46.

théorique, mais seulement comme un argument institutionnalisé socialement, de nature pseudo-méthodologique, et utilisé pour gagner l'épreuve de force. En d'autres termes le « falsificationnisme poppérien » serait réduit à un artefact social.

Mais que le critère de démarcation ne soit pas *in fine* vraiment mis en œuvre dans les laboratoires ne doit pas pour autant nous permettre de conclure négativement sur sa validité épistémologique. Comme nous l'avons montré⁷²², l'épistémologie poppérienne normative (mais aussi devenue paradoxalement darwinienne) ne se soucie pas de ce qui se fait réellement sur les paillasses mais a pour objectif de « déduire les méthodes qui conduisent [le savant] *au succès*⁷²³ », même à son corps défendant. Il reste encore à statuer sur la validité logique d'un critère de démarcation tirillé entre *potentia* et *agere*. Dans ce cadre oscillant entre potentialité et action se pose l'épineux problème de la place du contenu empirique et de son évolution de la réfutabilité à la réfutation.

B. Le critère de démarcation à l'épreuve de la logique

1. Le contenu empirique d'une théorie : de potentia à agere

a) Contenu empirique et réfutabilité

Classiquement, Popper se distingue des méthodes inductives et du vérificationnisme de la signification par le fait que le contenu empirique (qu'il appelle aussi le contenu informatif) d'un énoncé théorique ne correspond pas à l'ensemble des énoncés d'observations qui confirment la théorie, comme le définit l'aphorisme de Wittgenstein⁷²⁴, mais « comme la classe de ses falsificateurs virtuels⁷²⁵ ». Une théorie qui interdit l'avènement d'un grand nombre d'évènements est une théorie qui possède un grand contenu empirique. Le contenu

⁷²² Voir partie I.B.1.

⁷²³ POPPER Karl R., *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1933), *op.cit.*, p. 411.

⁷²⁴ « La totalité des propositions vraies est toute la science de la nature (ou la totalité des sciences de la nature) ». WITTGENSTEIN Ludwig, *Tractatus logico-philosophicus* (1921), trad. de Gilles-Gaston Granger, Paris, *tel Gallimard*, 2001, p. 57.

⁷²⁵ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, *op.cit.*, p. 120.

empirique d'une théorie s'accroît avec son degré de réfutabilité. Comparativement le contenu logique d'une théorie, c'est-à-dire d'après Tarski sa « classe de conséquences », correspond à l'ensemble de toutes les conséquences (non tautologiques) qui peuvent être dérivées de la théorie. Une théorie aura toujours un contenu logique infini. Il existe d'ailleurs une correspondance entre les éléments des ensembles logique et empirique de telle sorte qu'« à chaque élément contenu dans l'un des ensembles correspond un élément dans l'autre à savoir sa négation⁷²⁶ ». Par exemple un énoncé analytique comme « tous les cygnes sont des cygnes » a un contenu logique nul (sa probabilité étant égale à 1, il n'existe pas de conséquences déductibles en dehors de ce qu'il affirme) et ne recèle aucun contenu empirique contrairement à l'énoncé « tous les cygnes sont blancs » dont le contenu empirique correspondant est beaucoup plus élevé puisqu'il contient toutes les occurrences décrivant l'évènement typique incompatible : « il existe un cygne noir à tel endroit, à tel heure ». Par rapport à son contenu logique, le contenu empirique d'une théorie est défini négativement ce qui a fait dire à certains observateurs qu'il s'agit d'une situation absurde⁷²⁷. En effet, si le contenu empirique d'une théorie est défini par ce qu'elle interdit potentiellement, il représente ce qui ne peut pas être selon la théorie. Donc une théorie qui serait vraie (évidemment impossible à affirmer à cause du faillibilisme) aurait un contenu empirique faux. L'on s'attend plutôt intuitivement à ce que le contenu informatif d'une théorie coïncide avec ce que la théorie permet (et représentée par la classe des énoncés permis par la théorie appelés « énoncés illustratifs⁷²⁸ ») et non pas ce qu'elle interdit. Cette différence, comme nous l'avons vu, est liée à l'asymétrie fondamentale qu'il existe entre la vérifiabilité et la réfutabilité. Bien que contre-intuitive, cette définition est tout à fait valable car dans le cadre de la réfutabilité, il s'agit d'énoncés de base virtuels qui n'ont ni à être vrais, ni à être faux, il faut et il suffit

⁷²⁶ POPPER Karl R., *La quête inachevée*, *op.cit.*, p. 42.

⁷²⁷ *Ibid.*

⁷²⁸ Les énoncés illustratifs sont des négations des énoncés de base. POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, *op.cit.*, notes (*I) pp. 100 et 124 et (*4) p. 263.

qu'ils soient contradictoires pour que le *modus tollens* soit opérationnel. Mais comment évolue la perception du contenu empirique d'une théorie quand il s'agira de passer des falsificateurs virtuels aux falsificateurs réels, effectifs, de la théorie ?

b) Contenu empirique, réfutation et corroboration

Au cours des années 1950 (les principaux articles paraîtront au *British Journal for the Philosophy of Science* en 1954, 1957 et 1958, ainsi que dans le *Postscriptum I*), Popper complète le concept de corroboration présenté dans *La logique de la découverte scientifique*, par une mesure qu'il appelle le degré de corroboration permettant d'évaluer la sévérité des tests auxquels une théorie a été soumise et la manière dont elle a passé ces tests ou manqué de le faire. Popper a proposé plusieurs solutions dont nous nous contenterons de présenter la plus aboutie⁷²⁹. Le degré de corroboration de l'hypothèse h par la donnée empirique e , en présence du contexte b , noté $C(h,e,b)$, se calcule comme suit :

$$(a) \quad C(h,e,b) = [p(e|hb) - p(e/b)] / [p(e/hb) - p(eh/b) + p(e/b)]^{730}$$

Si le degré de corroboration, comme le rappelle souvent Popper, n'est pas une probabilité, il se calcule à partir d'un ensemble de probabilité ($p(e|hb)$ par exemple se lit : la probabilité de e étant donné la conjonction de h et b). Rappelons que les probabilités attribuées à des énoncés correspondent à l'interprétation dite « logique » des probabilités que l'on ne confondra pas avec la probabilité fréquentielle⁷³¹. Le principal objectif est de rendre compte de l'effet de

⁷²⁹ La présente thèse portant sur le critère de démarcation, la réfutabilité et la réfutation, le degré de corroboration ne fera pas l'objet d'une présentation approfondie. Le degré de corroboration est un choix conventionnel pour lequel Popper s'est longuement expliqué, notamment il a souligné qu'il n'était pas possible d'en donner une définition totalement adéquate et que son calcul n'était pas en soit fondamental (« Je doute qu'une évaluation numérique de ce degré puisse jamais présenter le moindre intérêt pratique », *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, op.cit.*, p. 238). Nous n'en discuterons pas les fondements mais les conséquences sur la perception du contenu empirique d'une théorie.

⁷³⁰ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science, op.cit.*, p. 257.

⁷³¹ « Nous étions convenus de distinguer clairement, d'une part, les probabilités telles qu'elles sont utilisées en physique, en particulier en mécanique quantique, et qui satisfont aux principes du "calcul des probabilités" ; et d'autre part, ce que l'on appelle la "probabilité des hypothèses", leur degré de confirmation, ou encore (...) leur degré de corroboration » (POPPER Karl R., *Un univers de propensions* (1990), trad. d'Alain Boyer, Combas, Editions de l'éclat, 1992, p. 24). Ces probabilités, « calcul des probabilités » et « probabilité des hypothèses »,

renforcement positif des corroborations d'une hypothèse en considérant que e doit être assez improbable en absence de h ($p(e|b) \ll 1/2$) et très probable en présence de h ($p(e|h)$ proche de 1). La définition du degré de corroboration tel que présenté ci-dessus permet de le faire varier par convention de -1 à +1. Le nombre +1 caractérise le degré de corroboration de l'hypothèse ayant subi et réussi les tests les plus sévères et -1 pour une hypothèse réfutée par les données, alors qu'un degré de corroboration de valeur 0, indiquera l'absence de corroboration comme dans le cas d'une tautologie⁷³².

Le contenu empirique d'une théorie, noté Ct, étant indépendant de la sévérité des tests passés, ne correspond pas exactement au degré de corroboration, mais à sa valeur maximale appelée la corroborabilité : « La corroborabilité est égale à la testabilité et au contenu empirique⁷³³ ». L'idée forte et originale de Popper, qui s'oppose au préjugé qui veut qu'une probabilité élevée doive toujours être recherchée en science empirique, consiste à mesurer le contenu empirique ou degré de testabilité d'un énoncé h par son improbabilité. « *Puisque nous voulons obtenir un haut degré de confirmation (ou de corroboration), il nous faut un contenu élevé (et donc une probabilité absolue faible)*⁷³⁴ ». Le contenu d'un énoncé sera donc d'autant plus élevé que la probabilité $p(h)$ qu'il advienne est faible. Alors que la probabilité d'une tautologie est maximale ($p(h \vee \neg h) = p(\neg(h \neg h)) = 1$) et d'une contradiction minimale ($p(h \neg h) = 0$), le contenu d'une contradiction étant maximal, on peut mesurer son contenu empirique par :

Ct ($h \neg h$) = 1, et celui d'une tautologie par Ct ($h \vee \neg h$) = Ct ($\neg(h \neg h)$) = 0. D'où l'idée de Popper de prendre comme mesure de contenu :

correspondent respectivement aux probabilité₂ (probabilité fréquentielle) et probabilité₁ (probabilité logique) des *Logical Foundations of Probability* (1950) de Carnap. Rappelons que la théorie fréquentielle (ou statistique) considère que la probabilité ne peut être correctement définie qu'en termes de fréquence relative d'événements (on peut y appliquer l'axiome de monotonie) et nie l'existence de tout énoncé probabiliste de base vrai *a priori*, ce qui est une caractéristique de la probabilité logique.

⁷³² En appliquant la formule (a), on trouve ainsi pour chacun des cas : $C(h,e) = (1 - 0)/(1 - 0 + 0) = 1$; $C(h,e) = (0 - 0^+)/(0 - 0 + 0^+) = -1$; $C(h,e) = (1 - 1)/(1 - 1 + 1) = 0$.

⁷³³ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science, op.cit.*, p. 262.

⁷³⁴ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique, op.cit.*, p. 422.

$$(b) \quad Ct(h) = 1 - p(h)^{735} \text{ et } Ct(h|e) = 1 - p(h|e)$$

On peut relier, selon Popper, le degré de corroboration et la corroboration aux extrema par la relation suivante :

$$(c) \quad -1 \leq C(h,e) \leq Ct(h) \leq +1^{736} \text{ avec } Ct(h) \geq 0$$

Avec comme bornes :

$$(d) \quad -1 = C(h \neg h, e) = C(h \neg h) \leq C(h, e) \leq C(h, h) \leq Ct(h) \leq +1$$

$$(\text{et } C(\neg(h \neg h, e)) = 0)^{737}$$

Noter que le degré de corroboration d'un énoncé varie de -1 à $+1$, alors que son empiricité varie forcément de 0 à 1 , ce qui permet à une théorie réfutée de conserver un contenu empirique positif. Contrairement au second réquisit d'Alain Boyer, une théorie réfutée n'en reste pas moins scientifique, la classe de ses falsificateurs virtuels n'est pas annulée par l'expérience réelle, et à ce titre elle demeure donc potentiellement réfutable. La meilleure preuve c'est qu'elle possède des falsificateurs réels.

Les études de Popper relatives à la corroboration et aux calculs des probabilités sont essentiellement motivées par la volonté de contrer les travaux probabilistes des empiristes logiques tels Reichenbach, mais surtout Carnap, qui cherchent à établir les règles d'une probabilité inductive. Ils fondent leur probabilité inductive sur l'idée principale que si un ensemble de faits singuliers e implique une hypothèse h , cela permet de déterminer le degré de probabilité relative de l'hypothèse h étant donné e , avec $p(h|e) = 1$. Si e implique $\neg h$, alors $p(h|e) = 0$ et si $0 < p(h|e) = r < 1$, alors e soutient inductivement (implique partiellement) h ; le degré de probabilité de h correspond au degré de confirmation. Pour inférer inductivement h de e , il suffit de déterminer correctement la valeur r pour $p(h|e)$. Cette probabilité peut être calculée utilement à partir d'un nombre n suffisamment élevé d'essais ou d'observations

⁷³⁵ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science, op.cit.*, p. 262, symboles et indices modifiés.

⁷³⁶ *Ibid.*, symboles et indices modifiés.

⁷³⁷ *Ibid.*, symboles et indices modifiés.

grâce à la théorie fréquentielle⁷³⁸. On voit immédiatement que le raisonnement poppérien anti-inductif prend le contre-pied total des thèses inductivistes : « Aucun inductiviste n'a jamais expliqué comment il convient d'interpréter 'p(h/e)' lorsque e lui-même est incertain et, sans doute, 'seulement probable'⁷³⁹ ».

Dans la bataille amicale qui oppose les deux épistémologues, Popper marque un point fondamental : il établit formellement, à la fin des années 1940, que la probabilité logique absolue d'une loi universelle (non tautologique) ainsi que sa probabilité relativement à une preuve ou un ensemble de preuves empiriques sont nulles⁷⁴⁰ :

$$(d) \quad p(h) = 0 \quad \text{et} \quad p(h/e) = 0^{741}$$

Dans le cadre de l'interprétation logique du calcul des probabilités, Popper soutient que les énoncés singuliers (e_1, e_2, \dots, e_n) produisant logiquement l'hypothèse h , sont mutuellement indépendants, c'est-à-dire que l'évènement de chacun d'eux ne produit aucun renforcement sur la probabilité qu'en advienne un autre. Dans le cas contraire il s'agirait d'une présupposition non logique, qui ne pourrait faire partie d'une théorie purement logique de la probabilité. Comme Nelson Goodman le rappelle :

« Le problème de la validité des décisions sur l'avenir (...) se pose, comme Hume l'a souligné, parce que de tels jugements ne sont ni des rapports d'expérience, ni des conséquences logiques de celle-ci⁷⁴² ».

Si les énoncés sont indépendants, alors :

$$p(e_i e_j) = p(e_i) p(e_j) \text{ équivalent à } p(e_j, e_i) = p(e_j).$$

⁷³⁸ Avec $h(n)/n = r'$ (par exemple, si 99 essais sur 100 de type e ont confirmé h , $r' = 0,99$). Mais $p(h/e)$ étant définie pour une suite infinie, un problème se situe dans le passage inductif de r' à r .

⁷³⁹ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science, op.cit.*, p. 239.

⁷⁴⁰ Pour autant les « bayésiens » continuent à admettre que la probabilité *a priori* d'une hypothèse universelle n'est pas nécessairement nulle et qu'elle peut être librement fixée pourvu qu'elle soit révisée à la lumière de l'expérience en appliquant le théorème de Bayes : $p(h/e) = (p(h) p(e|h)) / p(e)$ (BOYER Alain, « La logique inductive est-elle seulement possible ? » in *Introduction à la lecture de Karl Popper, op.cit.*, 1994, p. 158.)

⁷⁴¹ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique, op.cit.*, Appendice * VII, p. 371, symboles et indices modifiés.

⁷⁴² («The problem of the validity of judgments about future or unknow cases arises, as Hume pointed out, because such judgments are neither reports of experience nor logical consequences of it» – je traduis-), GOODMAN Nelson, *Fact, Fiction and Forecast* (1954), Harvard University Press, Cambridge Massachussets and London England, 1983, p. 59.

Avec $p(e_i) < 1$, on a $p(h) = 0$ ⁷⁴³.

On peut commenter ces résultats ainsi :

« Toute hypothèse universelle h va tellement au-delà de toute information empirique e que sa probabilité $p(h/e)$ restera à jamais égale à zéro. L'hypothèse universelle porte en effet sur une infinité de cas, alors que le nombre des observations effectuées ne peut qu'être fini⁷⁴⁴ ».

Le résultat de cette démonstration conduit à l'impossibilité de confirmation d'une théorie par induction probabiliste⁷⁴⁵. C'est le principal argument contre ces résultats à savoir que s'ils étaient vrais « *l'expérience ne pourrait rien nous apprendre* », qui a poussé Popper à élaborer le degré de corroboration qui lui peut croître avec de nouveaux tests⁷⁴⁶.

Il découle des considérations précédentes que les contenus empiriques de deux théories h_1 et h_2 , $Ct(h_1)$ et $Ct(h_2)$, sont égaux entre eux et à 1 (donc aussi à un énoncé contradictoire, $Ct(h \neg h) = 1$). Cependant ce résultat s'oppose à l'idée intuitive que les théories n'ont pas forcément le même contenu ou « force logique » entre elles et vis-à-vis d'une contradiction.

Popper propose de comparer, par exemple, la loi h_1 « Toutes les planètes se meuvent sur des orbites circulaires » et la loi h_2 « Toutes les planètes se meuvent sur des orbites elliptiques »⁷⁴⁷. Le contenu de h_1 est supérieur à celui de h_2 car h_1 implique h_2 (tous les cercles sont des ellipses). Concernant la réfutabilité, il existe des tests de h_1 qui ne sauraient être des tests de h_2 . En terme de probabilité cela s'exprimerait par $p(h_1, h_2) < p(h_2, h_1)$. Pour pouvoir établir des différences de contenu empirique entre deux théories, Popper considère qu'il faut

⁷⁴³ Popper propose d'autres démonstrations, notamment à partir de la définition « classique » de la probabilité.

⁷⁴⁴ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science, op.cit.*, p. 237.

⁷⁴⁵ Validant ce résultat, Carnap répond que (1) finalement les lois universelles ne sont pas absolument nécessaires et bien qu'elles aient un intérêt instrumental, il est possible de s'en passer. Ce qui demeure pour Popper une hérésie à l'objectif fondamental de la science qui est la recherche de la vérité par la loi ; (2) qu'il est possible de mesurer le degré de confirmation de l'hypothèse h non pas par rapport à l'ensemble des cas à venir mais seulement par rapport au prochain cas qui se présentera (« le degré de confirmation d'un exemple de la loi »). CARNAP Rudolf, *Logical Foundations of Probability* (1950), *op. cit.* p. 575. Plus tard, en 1983, Popper en collaboration avec David Miller, construira « Une démonstration de l'impossibilité de la probabilité inductive », POPPER Karl R., MILLER David, *Nature* n°5910, Macmillan Journals Ltd., 21 avril 1983, pp. 687-688. Repris dans POPPER Karl R., *Le réalisme et la science* (1983), *op.cit.*, pp. 413-416.

⁷⁴⁶ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique, op.cit.*, Appendice * VII, p. 375

⁷⁴⁷ L'ensemble du paragraphe est construit à partir des appendices *VII et *IX de *La logique de la découverte scientifique, op.cit.*

pouvoir travailler dans une « microstructure » de contenu et de probabilité logique. Alors que dans un univers infini $Ct(h_1) = Ct(h_2) = 1$, dans un univers *fini* suffisamment grand, il sera possible d'obtenir $Ct(h_1) > Ct(h_2)$ ⁷⁴⁸. Le même raisonnement permet aussi d'étayer h par e et donc de poser $C(h,e)$ ⁷⁴⁹. Popper fait remarquer que si l'univers est très grand, comme le nôtre, $p(h)$ et $p(h/e)$ seront l'une et l'autre incommensurablement petites et donc pratiquement égales (d'où $p(h) \rightarrow 0$ ⁷⁵⁰).

c) *Infinitude et finitude du contenu empirique*

Le basculement de $p(h) = 0$ à $p(h) \rightarrow 0$, c'est-à-dire le passage d'un univers infini à un univers fini permettant la comparaison du contenu empirique et du degré de corroboration de deux théories est tout sauf anodin. Les conséquences épistémologiques sont très importantes. Tout d'abord remarquons que même dans un univers spatialement fini, Popper a lui-même établi⁷⁵¹ qu'à partir de l'opération élémentaire « ou » logique, le contenu logique d'une hypothèse non tautologique contient une infinité d'énoncés élémentaires (e_1, e_2, \dots, e_n ; avec $n \rightarrow +\infty$). Toute théorie universelle doit être comprise comme le produit logique infini d'énoncés singuliers, donc comme un énoncé infiniment improbable, et ce quel que soit la finitude de son univers d'application ; ainsi on aura toujours $p(h) = 0$. Cependant on peut accorder à Popper la possibilité de travailler dans un univers fini, une « microstructure de contenu et de probabilité logique », et même s'accorder sur le fait que pour des conditions de recherches réelles, le nombre d'expérimentations empiriques sera forcément fini, et donc considérer une hypothèse comme le produit d'un nombre fini d'énoncés singuliers (e_1, e_2, \dots, e_n ; avec $n \in \mathbb{N}$). Il reste donc vrai qu'il doit être possible, pour n suffisamment grand de

⁷⁴⁸ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique, op.cit.*, Appendice * VII, p. 384, symboles et indices modifiés.

⁷⁴⁹ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique, op.cit.*, Appendice * IX, p. 396, symboles et indices modifiés.

⁷⁵⁰ *Ibid.*

⁷⁵¹ POPPER Karl R., *La quête inachevée, op.cit.*, p. 43. Voir aussi, l'Appendice * VII de *La logique de la découverte scientifique, op.cit.*, p. 380.

pouvoir distinguer $Ct(h_1)$ et $Ct(h_2)$ et aussi pouvoir poser $C(h,e)$. Signalons qu'il ne s'agit donc pas exactement, dans ce cas, d'une opposition de finitude d'univers, mais plutôt d'une opposition entre l'infinité logique et la finitude pratique d'un univers d'observation comme l'indique d'ailleurs Popper : « $p(h_3) > p(h_1)$ sera valide dans tous les *univers finis* (*d'observations possibles*, par exemple)⁷⁵² ». Bien que les contenus logiques de deux théories ne puissent pas être discriminés quantitativement d'un point de vue logique, la finitude pratique de l'univers expérimental permet éventuellement de le faire. Ce basculement de $p(h) = 0$ à $p(h) \rightarrow 0$, modifie fondamentalement le rapport de l'expérience à la théorie. Rappelons qu'un énoncé universel, selon Popper, ne peut pas être vérifié, mais est seulement potentiellement réfutable parce que justement il ne peut être traduit que par la conjonction comportant un nombre infini d'énoncés : « Nous ne pouvons pas (...) examiner le monde entier pour nous assurer que rien n'existe qui soit exclu par la loi⁷⁵³ ». Considérer que $p(h) \rightarrow 0$ ou $p(h/e) \neq 0$ revient à dire que le nombre d'énoncés à vérifier, certes pouvant être très grand, n'est pas infini mais bel et bien fini. On voit immédiatement qu'un tel raisonnement permet théoriquement la vérification des énoncés universels et s'oppose virulemment aux bases de l'épistémologie poppérienne. Quand Popper écrit « pour tous les univers *finis* suffisamment grands (c'est-à-dire pour tous les univers qui ont plus de N-membres, pour un certain N suffisamment grand), nous avons $Ct(h_1) > Ct(h_2)$ (...) même si, pour un univers infini nous avons $Ct(h_1) = Ct(h_2)$ ⁷⁵⁴ », il autorise *de facto*, dans sa « microstructure de probabilité et de contenu », les opérations de vérification logique même si elles s'opposent à sa démarche théorique fondamentale. Deux conséquences majeures découlent de ces réflexions :

⁷⁵² POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., Appendice * VII, p. 384, symboles et indices modifiés, nous soulignons.

⁷⁵³ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., p. 68.

⁷⁵⁴ *Ibid.*, Appendice * VII, p. 384, symboles et indices modifiés.

(i) Il faut nettement distinguer le contenu empirique virtuel d'une théorie de son contenu empirique pratique, c'est-à-dire celui correspondant à la réfutabilité et celui de la réfutation que nous écrirons dorénavant respectivement Ct_v et Ct_p . Si le critère de démarcation a été défini par la réfutabilité, c'est justement parce que la structure des énoncés universels ne peut pas autoriser leur vérifiabilité. Hors Popper, en posant que le contenu empirique Ct_p est équivalent au contenu empirique virtuel de la réfutabilité Ct_v (« le degré de contenu d'une théorie est le même que son degré de falsifiabilité ou de réfutabilité⁷⁵⁵ ») n'opère pas de séparation franche entre les deux domaines. Selon nous, pour les raisons évoquées ci-dessus, l'empiricité potentielle de la réfutabilité ne peut en aucun cas correspondre à l'empiricité pratique de la réfutation telle que la définit Popper. Les deux ensembles ne se superposent pas. Les falsificateurs virtuels d'une théorie sont en nombre infinis, alors que si l'on pose que $0 \leq Ct_p(h) \leq +1$, avec à l'esprit la possibilité $0 \leq Ct_p(h) < +1$, les falsificateurs réels demeurent bel et bien en nombre fini. Ces derniers sont déterminés par les réfutations réellement opérées par les chercheurs. Dans tous les cas le contenu pratique d'une théorie sera inclus dans son contenu virtuel : $Ct_p \subset Ct_v$. A ce propos, il est intéressant d'observer que Popper reconnaît que si l'on peut borner le degré de falsifiabilité avec par exemple $Fsb(c) = 1 > Fsb(e) > Fsb(m) = 0$ ⁷⁵⁶, on ne peut y introduire une métrique objective mais seulement une métrique construite à partir d'un élément arbitraire extralogique⁷⁵⁷.

(ii) Alors que *potentia* fonctionne sur des univers logiques infinis, *agere* exigerait d'opérer sur des univers pratiques finis. N'est-ce pas l'aveu d'un critère de démarcation trop exigeant, si ce n'est impossible, quand il s'agit de s'aventurer dans la sphère de la pratique expérimentale ? Le passage de la théorie (la réfutabilité) à la pratique (la réfutation) est marqué par une modification importante du statut de la théorie scientifique. Produit

⁷⁵⁵ *Ibid.*, p. 385.

⁷⁵⁶ Tout énoncé empirique e a un degré de falsifiabilité (Fsb) compris entre 0 et 1, avec $Fsb(c)$ et $Fsb(m)$ représentant respectivement le degré de falsifiabilité d'un énoncé contradictoire et d'un énoncé métaphysique. POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., p. 116.

⁷⁵⁷ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., note *I, p. 118.

logique *infini* d'énoncés singuliers potentiels et à ce titre invérifiable, la théorie scientifique devient un produit logique *fini* d'énoncés singuliers et à ce titre vérifiable. Il s'ensuit que l'exigence première de réfutation devient, si ce n'est caduque, du moins beaucoup moins indispensable. Les concepts poppériens de contenu empirique (Ct) et de corroboration, en s'opposant à la réfutabilité ne donneraient-ils pas raison aux défenseurs du vérificationnisme ? En effet, dans ce nouveau cadre épistémologique, la vérification effective des *n* énoncés singuliers dont elle présente le « produit logique » deviendrait en droit aussi légitime que la recherche de leur réfutation. Il permettrait aussi de justifier la probabilité inductive qui requiert un univers d'expérimentation fini. On entrevoit même la possibilité d'accéder à une vérité que le falsificationnisme ne pourra jamais atteindre et qui faisait dire à Lakatos à son propos qu'il « a été un nouveau recul, considérable, pour la pensée rationnelle⁷⁵⁸ ». Evidemment la vérification pratique de ces énoncés singuliers ne serait pas une mince affaire, à commencer par leur identification, cependant, elle n'est plus, en principe, impossible. Si la vérification théorique des énoncés universels demeure évidemment toujours impossible, la brèche ouverte par Popper pose le problème de la validité d'une vérification pratique de ces énoncés. Comme on le voit, le passage de *potentia* à *agere*, exige pour Popper un très fort affaiblissant des exigences formelles falsificatrices et autoriserait *de facto* la vérification empirique.

Essayons de préciser comment la base empirique évolue quand il s'agit de passer de la réfutabilité à la réfutation.

d) Evolution du contenu empirique de la réfutabilité à la corroboration

Plutôt que de revenir sur les réquisits et les enjeux de la réfutation qui ont déjà été largement discutés, nous nous intéresserons à ceux relatifs à l'absence de réfutation

⁷⁵⁸ LAKATOS Imre, *Histoire et méthodologie des sciences* (1978), trad. fr. Paris, PUF, 1996, p. 7.

conduisant éventuellement à la corroboration de l'hypothèse, lorsque cette dernière passe les tests avec succès. En effet, comme nous l'avons déjà indiqué, bien que la réfutation pose de sérieux problèmes pratiques qui s'additionnent aux difficultés théoriques héritées de la réfutabilité, sa situation demeure claire d'un point de vue méthodologique et logique : quand la théorie est réfutée par la vérité supposée des énoncés de base, elle est déclarée fautive⁷⁵⁹. La réfutabilité n'a pas préparé le terrain de façon aussi rigoureuse en cas d'absence de réfutation. Nous prendrons comme point de départ la section 82 de *La logique de la découverte scientifique* intitulée « La théorie positive de la corroboration ou la manière dont une hypothèse peut 'faire ses preuves' » dont voici un extrait :

« Nous disons d'une théorie qu'elle est 'corroborée' aussi longtemps qu'elle passe [les] tests avec succès. L'évaluation qui affirme la corroboration (l'évaluation corroborante) établit certaines relations fondamentales, à savoir celle de compatibilité et d'incompatibilité. Nous interprétons l'incompatibilité comme une falsification de la théorie. Mais la seule compatibilité ne doit pas nous autoriser à attribuer à la théorie un degré positif de corroboration : le simple fait qu'une théorie n'a pas encore été falsifiée ne peut évidemment être considéré comme suffisant. En effet, rien n'est plus facile que de construire un nombre quelconque de systèmes théoriques compatibles avec n'importe quel système donné d'énoncés de base acceptés (...).

L'on pourrait peut-être suggérer d'accorder à une théorie un certain degré positif de corroboration si elle est compatible avec le système d'énoncés de base acceptés et si une partie de ce système peut, en outre, en être déduite. (...) l'on doit accorder un degré positif de corroboration à une théorie si elle est compatible avec les énoncés de base acceptés et si, en outre, une sous-classe non vide de ces énoncés de base peut être déduite de la conjonction de la théorie et des autres énoncés de base acceptés (...).

Ceci montre que le degré de corroboration se trouve moins déterminé par le nombre de cas corroborant l'hypothèse en question que par la sévérité des divers tests auxquels elle peut être et a été soumise⁷⁶⁰ ».

Le point fondamental qui est affirmé ici, c'est qu'une théorie compatible avec les énoncés de base acceptés, en sortant indemne de la réfutation, se trouve corroborée. Deux exigences accompagnent ce point : la déduction de nouveaux énoncés de base et la présence de tests « sévères ». Cette affirmation fondamentale a toujours été acceptée comme une évidence si bien que, dans le cadre limité de nos recherches bibliographiques, les conséquences d'absence de réfutation sur la base empirique ne semblent pas avoir été vraiment étudiées. Pourtant nous

⁷⁵⁹ Evidemment cette situation est simplifiée à l'extrême, elle correspond, selon la distinction de Lakatos, à un « falsificationnisme dogmatique ». Il en sera de même des situations présentées dans ce paragraphe qui ont été volontairement simplifiées pour ne pas alourdir le propos. Seront toujours sous-entendus, les restrictions d'usage liées au falsificationnisme sophistiqué (avec la reproductibilité des expériences, la présence de théories concurrentes etc.). Mais d'un point de vue fondamental, cela ne nous sera pas nécessaire.

⁷⁶⁰ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., pp. 271 et 272.

verrons que cette évidence apparente pose un grand nombre de problèmes épistémologiques. Lors d'une réfutation, la réponse est sans appel car le rejet de la théorie est justifié déductivement par application du *modus tollens*. Mais dans le cas d'absence de réfutation, on ne trouve pas de démarche justificative qui lierait réfutation et corroboration, car la majorité des textes de Popper s'intéresse au problème de la sévérité de tests et au degré de corroboration⁷⁶¹. Précisons les conséquences logiques de la corroboration.

Etant donné des connaissances d'arrière-plan b , si la théorie est corroborée par les énoncés de base acceptés, elle n'est pas considérée comme étant *hic et nunc* fausse, son degré de corroboration augmente et se rapproche de son contenu empirique Ct_p . L'énoncé de base, falsificateur virtuel a été supposé vrai, et le fait qu'il ne mette pas en échec la théorie montre que le *modus tollens* ne s'est pas appliqué donc la déduction $((h \rightarrow e) \wedge \neg e) \rightarrow \neg h$ n'a pas eu lieu. Pour expliquer l'échec du *modus tollens* et ce qui devrait être une possible corroboration, trois solutions sont possibles :

(1) Soit l'on a : $\neg (h \rightarrow e)$.

(2) Soit $\neg e$ a été effectué ou observé incorrectement lors de l'expérience.

(3) Soit la conjonction \wedge ne s'est pas produite, c'est-à-dire qu'il n'a pas été possible de statuer des effets de $\neg e$ sur la théorie.

Les solutions (2) et (3) mettent en jeu des problèmes liés à la pratique expérimentale. Par exemple si l'expérience a produit involontairement (ou il a été observé) e (énoncé illustratif) à la place de $\neg e$, cela entrainera l'absence de réfutation. Il est tout à fait envisageable aussi, par exemple, qu'il soit techniquement impossible de réfuter la théorie

⁷⁶¹ Le seul passage que nous ayons trouvé en rapport avec notre problématique se trouve à la section 31 du *Post-scriptum I*, nommée « La corroboration ». Ici Popper examine l'idée que « e étaye h » (e : énoncé empirique « exemple » de h , hypothèse) : « Comme nous avons exigé que e découle de h (compte tenu de b), on pourrait être tenté de penser qu'en disant que ' e ne devrait pas se produire si h est fausse', nous posons la condition suivante : ' $\neg e$ découle de $\neg h$ (compte tenu de b)'. Mais cela reviendrait à soutenir une autre forme de vérificationnisme : car cela rendrait e et h équivalents (compte tenu de b), et nous permettrait ainsi de vérifier h par l'observation, en l'occurrence en constatant que e est vrai » (POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science, op.cit.*, p. 254). Cependant, on peut montrer, à l'aide de la logique propositionnelle, que ces inférences ne sont pas valides et qu'elles doivent être interprétées comme un abandon total des exigences de réfutation dans le cadre de la corroboration.

comme nous l'avons vu avec l'énoncé en rêve de Napoléon⁷⁶². Mais grâce à la dualité logique et technique de la réfutabilité, nous pouvons écarter cette hypothèse (si une théorie n'est pas réfutable d'un point de vue logico-technique, elle ne peut prétendre à être réfutée). De façon générale, bien que tous ces problèmes expérimentaux ne doivent pas être négligés dans le cadre de la réfutation, ils ne nous intéressent pas ici. Plaçons-nous dans un cas favorable idéal où toutes les conditions expérimentales seraient menées à la perfection ce qui réduit $\neg(h \rightarrow e)$ à un problème logique. Si $\neg(h \rightarrow e)$ est vrai et étant donné que h n'est pas faux (car la réfutation n'a pas eu lieu), pour que $h \rightarrow e$ soit faux, il faut que e soit faux, c'est-à-dire $\neg e$ doit être vrai (rappelons que $\neg e$ correspond logiquement à un énoncé de base –voir la remarque précédente-) et donc $\neg(\neg e)$ faux ce qui correspond au réquisit de base de la réfutabilité : « On peut ajouter qu'une théorie ne fait d'assertion qu'à propos de ses falsificateurs virtuels (elle affirme qu'ils sont faux)⁷⁶³ ». Une donnée empirique e fautive vis-à-vis de la théorie correspond évidemment à la vérité des énoncés de base acceptés, puisque $\neg e$ a été considéré comme vrai. Si le clash entre la théorie et des données empiriques contradictoires dont on soupçonne la vérité n'a pas eu lieu, c'est que $h \rightarrow \neg e$, c'est-à-dire que e ne découle pas de h (e n'exemplifie pas h). S'il en est ainsi, c'est que la prédiction falsifiante⁷⁶⁴ était fautive puisque les énoncés de base acceptés s'accordent ici avec la théorie. A moins de considérer qu'il y ait eu une erreur dans la réalisation pratique de l'expérience, *il n'existe pas d'autres alternatives logiques* au rejet des prédictions falsifiantes (nous insistons sur ce point). On obtient la situation, apparemment triviale, suivante :

(a) Le *modus tollens* est opérationnel, la théorie est réfutée donc déclarée fautive (« falsificationnisme dogmatique »).

⁷⁶² Partie I.B.4.

⁷⁶³ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., p. 84.

⁷⁶⁴ Nous parlons bien ici de prédictions falsifiantes et non de prédictions concordantes avec la théorie, comme Popper le fait parfois. Voir POPPER Karl R., *La connaissance objective* (1972), op.cit., p. 516. Voir aussi section II.C.5 (prédictions **P_{D-N}**)

(b) Le *modus tollens* n'est pas opérationnel, la théorie n'est pas réfutée, les prédictions falsifiantes sont déclarées fausses.

La trivialité apparente de ces résultats a pourtant des conséquences importantes. La première conséquence qui découle de (b), c'est évidemment que la théorie qui n'a pu être réfutée n'est pas fausse *hic et nunc* (elle n'est pas, pour autant, affirmée vraie). Dans ce cas, il suit logiquement que l'énoncé de base accepté que l'on croyait vrai ne peut l'être *a fortiori*, car s'il avait été vrai, il aurait dû réfuter la théorie. En d'autres termes, l'énoncé falsificateur s'est mué, sous l'effet de l'expérience, en énoncé illustratif qui en est la négation. On pourrait donc dire que chaque réfutation manquée d'une théorie, enlèverait à la sous-classe des énoncés de base « vrais » un élément, et qu'une théorie « fortement » corroborée serait caractérisée par une réduction relativement importante de cette sous-classe⁷⁶⁵. On retrouve ici la critique exprimée, notamment par Anthony Derksen⁷⁶⁶, de l'impossibilité de trouver une théorie qui satisfasse à la fois l'exigence de forte corroboration et de réfutabilité élevée, puisque cette dernière a tendance à diminuer avec chaque augmentation significative de la première. Mais au-delà, si l'énoncé falsificateur est faux, c'est qu'il y a du forcément avoir une erreur dans la démarche permettant l'identification de sa vérité. « Accorder un degré positif de corroboration à une théorie si elle est compatible avec les énoncés de base acceptés⁷⁶⁷ », revient finalement à accepter une théorie sur la base d'une démarche entachée d'erreurs.

⁷⁶⁵ Dans le cas de la corroboration d'une théorie dans une microstructure logique finie (la seule permettant de fournir une valeur quantitative au degré de corroboration selon Popper), les répercussions théoriques sont assez étonnantes car si tous les énoncés de base supposés vrais sont éliminés par réfutation, il ne reste plus que les énoncés de base virtuels supposés faux pour valider la scientificité d'une théorie : « le faux révèle la scientificité ». Cependant on peut nier ce raisonnement en indiquant que puisqu'il y a eu erreur sur la vérité de ces énoncés de base acceptés, ils n'étaient pas réellement vrais et que donc la sous-classe « vraie » n'est *in fine* pas amputée de ses éléments par l'expérience. La difficulté à trouver des énoncés de base vrais s'expliquant par la « vérisimilitude » de la théorie.

⁷⁶⁶ DERKSEN Anthony A., « The alleged unity of Popper's philosophy of science: falsifiability as fake cement », *Philosophical Studies*, 48, 1985.

⁷⁶⁷ Extrait du texte cité précédemment, note 683.

Le second réquisit de la corroboration est aussi assez équivoque : « une sous-classe non vide de ces énoncés de base peut être déduite de la conjonction de la théorie et des autres énoncés de base acceptés⁷⁶⁸ ». Popper n'explique pas de quelle façon cette déduction pourrait s'effectuer. Selon notre raisonnement, il est illusoire de pouvoir déduire de nouveaux énoncés de base acceptés à partir d'énoncés « supposés vrais » qui ne le sont plus *ex post facto* ; tout au plus l'expérience menée pourrait apporter aux expérimentateurs de nouvelles idées falsificatrices. Quand on sait que les énoncés de base acceptés sont soumis eux-mêmes aux processus de réfutabilité puis de réfutation, on commence à entrevoir un risque de régression à l'infini. D'autre part, si l'énoncé de base accepté est déclaré faux, nous ne sommes plus en droit de parler d'étape méthodologique de réfutation, car pour que cette dernière ait lieu, il faut que l'énoncé de base soit considéré comme vrai. En d'autres termes, ce que l'expérimentateur croyait être une tentative de réfutation n'était qu'une tentative de vérification. On voit tout de suite que l'information apportée par l'expérience négative de réfutation qui est sensée corroborer la théorie oblige *ex post facto* à reconsidérer l'ensemble de la démarche entreprise. Ce type de raisonnement entraîne toute une suite de propositions contrefactuelles. Pour éviter ces propositions, peut-être faudrait-il considérer qu'à partir du moment où l'énoncé de base est accepté, il n'y a pas lieu d'y revenir après l'expérience ? Popper n'a pas envisagé directement cette question, mais c'est implicitement la position qu'il adopte lorsqu'il identifie les énoncés de base acceptés à des énoncés corroborant la théorie et les oppose aux énoncés illustratifs :

« Les énoncés de base ainsi acceptés peuvent en outre être décrits comme des énoncés 'corroborant la théorie'. Il convient de noter que les 'énoncés illustratifs' (c'est-à-dire les négations des énoncés de base) ne peuvent être décrits de manière appropriée comme des énoncés corroborant ou confirmant la théorie dont ils constituent des cas⁷⁶⁹ ».

Pourtant comme nous l'avons montré, en absence de réfutation, les énoncés de base acceptés deviennent *ex post facto* des énoncés illustratifs, ils leurs sont logiquement identiques. Toute

⁷⁶⁸ *Ibid.*

⁷⁶⁹ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, op.cit., note (*I) p. 272.

attitude qui consiste à fixer éternellement un savoir, qui plus est fondé sur un accord intersubjectif, et qui se refuse de tirer les conséquences d'un résultat expérimental est une attitude proprement dogmatique qui s'oppose aux progrès de la science et à l'objectif suprême même de Popper qui consiste à construire une épistémologie rationnelle critique. L'absurdité de la situation sera plus palpable si nous reprenons le fameux exemple du cygne blanc. Soit donc l'énoncé universel, « Tous les cygnes sont blancs », l'énoncé de base falsificateur accepté sera : « il y a aujourd'hui un cygne noir au zoo de la Barben⁷⁷⁰ ». Supposons que la réfutation n'opère pas. L'énoncé universel n'est donc pas déclaré faux, donc l'observation du cygne noir n'a pas eu lieu (peut-être a-t-il été observé un cygne blanc). Ne pas vouloir tenir compte des informations apportées par l'expérience pour en rediscuter *ex post facto* les conséquences sur la démarche entreprise est une position dogmatique qui revient à croire que le cygne vu blanc était cependant bien noir avant l'observation. Donc il s'est métamorphosé spontanément de noir à blanc et ainsi on prend les chercheurs pour des imbéciles. Force est de constater qu'il n'y avait pas de cygne noir, c'est la seule conséquence déductible du *modus tollens* et il n'y en a pas d'autres. Le fait qu'un cygne blanc soit éventuellement observé ne nous apporte rien de ce point de vue et ne peut en aucun cas être considéré comme un quelconque succès. On pourra rétorquer que l'énoncé de base proposé ici n'est pas un énoncé de base accepté et que jamais les chercheurs ne formuleraient un énoncé aussi précis s'ils n'avaient pas la certitude de la présence du cygne noir. Dans un tel cas, avoir la certitude c'est déjà vérifier l'énoncé et donc il ne pourrait s'agir d'une réfutation. Notre réponse est d'ordre logique et tout à fait indépendante de la trivialité de l'exemple.

La conclusion que nous tirons de cette étude, c'est que dans le cadre d'une épistémologie falsificatrice, on ne peut tirer aucuns renseignements logiques de l'absence de réfutation si ce n'est que la démarche entreprise est entachée d'erreur. *Cette absence de*

⁷⁷⁰ On aurait pu tout aussi bien prendre l'énoncé « du Volksgarden » de Popper, mais celui-ci est habituellement présenté comme un falsificateur potentiel.

réfutation doit être comprise comme une erreur de prédiction et non une réussite, il n'y a aucun succès à attendre d'une corroboration si ce n'est un succès inductif⁷⁷¹. Nous nous inscrivons en faux à l'affirmation de Popper : « Nous disons d'une théorie qu'elle est 'corroborée' aussi longtemps qu'elle passe ces tests avec succès⁷⁷² ». Seule la réfutation est un succès épistémologique car elle apporte une information à l'expérimentateur par fonctionnement du *modus tollens*, à savoir que la théorie est fausse (dans le cadre du « falsificationnisme dogmatique »). Dans le cas contraire, l'absence de réfutation d'une théorie est la preuve que le processus logique n'a pas opéré et il n'y a rien de plus que nous puissions dire dans le registre de la réfutation. Le fait de qualifier de succès un échec, montre que Popper ne va pas jusqu'au bout de son raisonnement, car le succès, nous insistons, n'est pas du registre d'une réfutation ratée. Il tient ici du seul registre de la vérification ou de la confirmation, comme l'on voudra, et s'appuie sur l'induction. Ainsi si l'on peut parler d'une théorie t_1 mieux testable (*i.e.* par recherche de réfutation) que t_2 au sens où son contenu empirique virtuel Ct_{v1} inclut le contenu empirique virtuel Ct_{v2} d'une théorie t_2 , il n'y a aucun fondement logique, intégrant les résultats *ex post facto*, qui permettent de considérer qu'une théorie t_1 est mieux testée que t_2 . Si les théories sont toutes deux réfutées, elles sont considérées comme testées et falsifiées ni plus ni moins, et dans le cas où une théorie n'est pas réfutée ou que les deux théories ne le sont pas, le test est négatif et on ne peut parler que de vérification. La multiplication de ces soi-disant succès ne peut être une preuve d'approximation de la vérité dans le cadre d'une démarche falsificatrice, mais uniquement dans le cadre d'une démarche de vérification puisque chaque réfutation négative doit être comprise comme une vérification de la théorie. Il en découle par ailleurs, qu'un critère de démarcation construit sur une augmentation de contenu empirique corroboré, ainsi que l'envisage Lakatos, est impossible.

⁷⁷¹ L'aspect inductif de la corroboration a été souligné par Putman.

⁷⁷² POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, *op.cit.*, p. 271.

Certes la vérification opérée lors de la corroboration poppérienne, par analogie avec les termes lakatiens n'est pas une vérification dogmatique ou naïve, mais une vérification sophistiquée. Alors qu'une vérification naïve consiste à vérifier un énoncé connu et très probable (« il y a un cygne blanc aujourd'hui sur l'étang de Basses-Mejanes »), une vérification sophistiquée consistera à chercher la vérification d'un énoncé auparavant inconnu et donc très peu probable tel celui d'Adams et Leverrier. Nous avons vu que le principal objectif du degré de corroboration était de rendre compte de l'effet de renforcement positif des corroborations d'une hypothèse en considérant que e doit être assez improbable en absence de h ($p(e|b) \ll 1/2$) et très probable en présence de h ($p(e|hb)$ proche de 1). Ces mesures de renforcements positifs n'ont rien à voir avec une démarche falsificationniste, et cela même si c'est bien une méthodologie basée sur la recherche de réfutation qui est entreprise. « *De mortuis nil nisi bene* » devient alors « *Solum de mortuis*⁷⁷³ ».

Le saut épistémologique de la réfutabilité à la réfutation, de *potentia* vers *agere*, s'avère donc impossible en absence de réfutation réussie, car il n'y a alors jamais conservation du contenu empirique d'une théorie. Si du point de vue de l'action, seule la mort d'une théorie témoignerait de sa scientificité, il n'en irait peut-être pas de même du point de vue de la potentialité, la réfutabilité. C'est ce dernier concept qu'il nous faut à présent étudier afin de parachever notre entreprise critique.

2. La logique de la réfutabilité

Popper fonde la validité du critère de démarcation par le caractère logique du *modus tollens*. Avant d'en élaborer une critique dans le cadre de la réfutabilité, il est instructif d'en observer la réelle opérabilité pour des activités qui sont ordinairement rejetées par la communauté scientifique. Nous prendrons ici deux exemples d'activité pseudo-scientifiques,

⁷⁷³ « On ne doit parler que des morts ».

la radiesthésie et l'astrologie, ce qui permettra de mettre en jeu les deux facettes, déterministe et statistique, du critère de démarcation.

a) Réfutabilité de la radiesthésie et de l'astrologie

Certains adeptes de la radiesthésie (et de l'astrologie) revendiquent un fondement proprement scientifique à leur discipline, confortés par les travaux parallèles de sommités scientifiques, comme le physicien Yves Rocard (1903-1992), père de la bombe atomique française, et relayés par la presse scientifique grand public. Après *Science et Vie*, qui dans son numéro 548 consacra un article à la radiesthésie titré « Après des années de polémique, *Science et Vie* l'affirme "Oui la radiesthésie est vraie !" », la revue *La Recherche* publia en 1981 puis en 1984 deux articles du physicien intitulés « Le signal du sourcier⁷⁷⁴ » et « Un sixième sens ? La perception du champ magnétique⁷⁷⁵ ». Ce dernier article se conclut ainsi : « on ne peut plus refuser de reconnaître à l'homme une sensibilité magnétique ni nier à quel degré les magnétiseurs en sont doués⁷⁷⁶ ».

La radiesthésie pose comme principe qu'il existe une perception extrasensorielle de certains phénomènes grâce à l'utilisation d'un objet tel un pendule ou une baguette. Si Popper a souvent cité le cas de l'astrologie, il n'a pas fait référence aux pratiques paranormales ; on peut cependant raisonnablement penser qu'il devait les juger pseudo-scientifiques. La radiesthésie est-elle irréfutable ? Si nous prenons le cas de la sourcellerie, les taux de réussite aux prédictions sont souvent annoncés par les pratiquants à 100 %, ce qui permet la mise en jeu de la binarité du *modus tollens*. A propos du « test d'un radiesthésique », on peut lire sur *La publication de l'Observatoire Zététique* : « Sûr de ses baguettes qui disait-il "ne lui

⁷⁷⁴ ROCARD Yves, « Le signal du sourcier » in *La Recherche*, n°124, Juillet-Août 1981.

⁷⁷⁵ ROCARD Yves, « Un sixième sens ? La perception du champ magnétique » in *La Recherche*, n°151, Janvier 1984.

⁷⁷⁶ *Ibid.*, p. 116.

mentent jamais", Monsieur C. nous assurait avec un large sourire d'un taux de réussite de 100%⁷⁷⁷ ». Un des problèmes posés par une telle pratique, est celui de son universalité réelle ou supposée. En effet certains radiesthésistes considèrent qu'il s'agit d'une pratique d'initiés, un don inné (et hérité de père en fils), ce qui ne permet pas évidemment d'envisager une quelconque universalité et met *de facto* la radiesthésie hors science. Par contre d'autres adeptes, comme Yves Rocard, considèrent qu'il s'agit d'une pratique accessible à tous. Une étude épistémologique objective réclame donc de tenir compte de ce souhait universaliste et de proposer une théorie en vue d'être réfutée. On peut, dans un premier temps, établir qu'il s'agit d'une relation de causalité supposée entre la présence d'eau *e* et le mouvement *m* de la baguette du sourcier. Certaines conditions initiales *c* étant données (comme par exemple s'assurer que rien ne puisse gêner la perception de la « veine d'eau »), il existerait une théorie *t* que l'on peut énoncer de la façon suivante : « Toute présence d'eau à l'aplomb de l'expérimentateur entraîne un mouvement de la baguette tenue par le sourcier » (**Pic**). Cette théorie, qui ne propose aucune explication (dans ce sens ce n'est pas une théorie explicative) a la forme d'un énoncé universel assez comparable avec celui, paradigmatique, de la rupture d'un fil de Popper. Yves Rocard affirme, comme explication, que le mouvement de la baguette ou du pendule doit se comprendre comme un « réflexe sourcier⁷⁷⁸ », parce que, à l'instar des pigeons, les radiesthésistes perçoivent les infimes variations du champ magnétique terrestre associées à l'hétérogénéité géologique du sous-sol. La théorie *t'* se présente alors ainsi : « Toute variation de champ magnétique à l'aplomb de l'expérimentateur entraîne un mouvement réflexe de la baguette tenue par le sourcier » (**Pic**).

Il est certain qu'une objection majeure peut être opposée à la formulation d'une telle « loi universelle » : l'expérimentateur n'est pas neutre vis à vis de l'expérimentation parce qu'il est lui-même partie intégrante du dispositif expérimental, ce qui introduit une

⁷⁷⁷ « Test d'un radiesthésiste à Aix-en-Provence sous l'œil des caméras de TF1 » in *La publication de l'Observatoire Zététiq*, n°60, août 2010, p. 3. (<http://www.zetetique.fr/index.php/nl/305-poz-nd60#nouvelles>)

⁷⁷⁸ ROCARD Yves, « Le signal du sourcier », *op.cit.*, p. 798.

composante idéomotrice indéniable et que donc, dans tous les cas, l'explication du lien causal n'est pas fournie. Tous ces arguments sont évidemment très importants dans le cadre d'une étude globale de la prétendue scientificité de la radiesthésie, mais nous nous bornerons lors de cette première approche, un peu à la manière de Newton (*hypotheses non fingo*), à simplement établir ou rejeter la testabilité de la pratique radiesthésique.

Dans le cadre d'une application basique du falsificationnisme poppérien, il faut et il suffit qu'un énoncé de base soit potentiellement en contradiction avec les prédictions de la théorie. Le résultat est étonnement simple : la relation de causalité postulée par la radiesthésie est potentiellement testable par le seul fait de pouvoir observer si, alors que la présence d'eau est certaine, sous forme de « veine d'eau », dans une roche aquifère, ou circulant expérimentalement dans un tube (ou s'il y a présence d'une variation du champ magnétique mesurée pour t'), on n'observe pas, dans un certain nombre de cas, le mouvement attendu de la baguette tenue par le sourcier. Ainsi le *modus tollens*, $(t \rightarrow m) \wedge \neg m \rightarrow \neg t$, est appliqué. Et non seulement la radiesthésie est logiquement et techniquement testable mais elle a été, par de nombreuses fois testée. Rappelons, s'il était nécessaire, que la réfutation empirique effective d'une théorie est une preuve absolue de sa réfutabilité. Citons à titre d'exemple deux études.

A la suite de la parution, au début des années 1960, de l'ouvrage d'Yves Rocard, *Le signal du sourcier*, le *Comité Belge pour l'Instigation Scientifique des Phénomènes réputés Paranormaux* refit, en accord méthodologique avec le physicien, toutes les expériences proposées. Henri Broch, professeur de physique et de zététiq ue à l'Université de Nice-Antipolis résume ainsi les résultats : « Les résultats obtenus par les divers expérimentateurs répondent (...) à une loi binomiale de probabilité 0,5. Les résultats globaux sont : 92 succès sur 185 essais, ce qui ne nécessite aucun commentaire⁷⁷⁹ ». Signalons aussi les travaux réalisés à Kassel en 1990 par la GWUP, *Société allemande pour l'étude scientifique de la*

⁷⁷⁹ BROCH Henri, *Au cœur de l'extra-ordinaire* (1991), collection zététiq ue, Book-e-Book, 2010, p. 239.

*parascience*⁷⁸⁰. Il s'agissait d'évaluer la capacité de sourciers reconnus (19 participants) à identifier la présence d'eau circulant dans des tuyaux souterrains. L'expérimentation fut même dotée d'un prix de 20 000 DM pour toute personne réussissant, par deux fois, un score supérieur ou égal à 80% (sur dix essais). Les résultats obtenus sont compris entre 11 et 20 réponses exactes pour 30 essais. Ces résultats ne permettent pas de conclure à autre chose qu'à la loi du hasard. Et plus généralement, dans tous les cas où des tests randomisés en double aveugle (ou double insu) ont été effectués⁷⁸¹, seul le hasard peut expliquer objectivement les résultats observés. On remarque immédiatement que même dans les cas où les tests obtiennent les résultats les plus élevés, le *modus tollens* s'est appliqué à plusieurs reprises. En termes poppériens la radiesthésie est réfutable et réfutée.

Dans un même souci d'objectivité épistémologique, testons la réfutabilité de la démarche astrologique. Nous avons mis en évidence l'absence de réfutabilité *ex ante facto* des énoncés prédictifs des horoscopes parce que correspondant à des énoncés singuliers futurs isolés. Une partie des adeptes de l'astrologie ne revendique pas un statut scientifique à leur pratique, considérant que la relation établie entre thème astral et interprétation est uniquement d'ordre symbolique. Dans ce cas la démarche est pour l'épistémologie clairement non scientifique, il s'agit d'énoncés prédictifs uniquement prophétiques dont la croyance est du seul ressort de la foi. Cependant un nombre important d'astrologues ou de « spécialistes » considèrent qu'il existe un déterminisme causal entre thème astral, et plus généralement entre la position des planètes du système solaire, et le comportement humain. C'est, par exemple, le choix défendu par la biologiste Suzel Fuzeau-Braesch, auteur notamment de *Astrologie : la preuve par deux* (1992) :

« N'étant pas capable de concevoir un fait sans cause, sans tomber dans le surnaturel et l'occulte, j'accorde *a priori* aux faits astrologiques un processus causal, encore inconnu dans l'état actuel de

⁷⁸⁰ *Gesellschaft zur Wissenschaftlichen Untersuchung von Parawissenschaften* (Société pour l'étude scientifique de la parascience), site <http://www.gwup.org/>.

⁷⁸¹ Voir aussi les travaux de *l'Observatoire Zététiq*, *op.cit.*, notamment ceux relatifs à la « semelle magnétique » d'Yves Rocard.

la science. Mais affirmer cette causalité est nécessaire si l'on veut, d'une part, intégrer le fait astrologique dans le champ scientifique et d'autre part, si l'on désire avoir des chances de découvrir cette causalité (ou ces causalités)⁷⁸² ».

Ces auteurs, s'appuyant sur les études de Michel Gauquelin⁷⁸³, ne revendiquent pas généralement un strict déterminisme, mais considèrent qu'il existe un lien causal statistique susceptible d'être éprouvé par l'expérimentation (**Pic_s**). Michel Gauquelin a recherché statistiquement des liens entre la position des planètes et les activités humaines. Contrairement aux astrologues qui s'intéressent au passage apparent du soleil dans les constellations, ce qui entraîne d'un point de vue scientifique de nombreuses anomalies⁷⁸⁴, Gauquelin étudie la position réelle des planètes sur la voûte céleste. Par exemple il a étudié si les scientifiques ou médecins renommés avaient une tendance statistiquement significative à naître lorsque Saturne vient de se lever ou de culminer. Si on regarde l'organisation logique du discours, on voit immédiatement que l'affirmation selon laquelle « les individus nés lorsque Saturne se lève ou culmine ont une probabilité plus importante de devenir des scientifiques ou des médecins renommés » est réfutable potentiellement par des énoncés contraires. Les falsificateurs virtuels comprennent tous les énoncés pour lesquels un sous ensemble statistiquement représentatif d'individus nés sous l'influence de Saturne, ait une probabilité, telle que chaque individu devienne un scientifique ou un médecin renommé, égale ou même inférieure à une classe de référence dont le signe astral n'ait pas l'influence planétaire en question. En terme poppérien, l'astrologie statistique, parce que réfutable statistiquement, est une discipline qui se révélerait être scientifique.

Concernant la réfutation empirique de l'astrologie statistique étudiée par Gauquelin, la controverse a eu tendance à isoler l'étude de l'influence de la planète rouge sur la naissance des sportifs de haut-niveau (dans le sport les réussites sont peut-être plus quantifiables ?) ;

⁷⁸² FUZEAU-BRAESCH Suzel, *Astrologie : la preuve par deux*, Robert Laffont, 1992, p. 209.

⁷⁸³ GAUQUELIN Michel, *La vérité sur l'astrologie*, éditions du Rocher, 1984.

⁷⁸⁴ Signalons, par exemple, l'absence de la prise en compte de la précession des équinoxes qui décale actuellement d'environ un mois les signes du zodiaque, l'inégalité de la durée réelle du transit du soleil dans les constellations – *Vierge*, 42 jours, *Scorpion*, 7 jours -, l'existence d'une treizième constellation – *Ophiuchus* (*Serpentaire*) du 30 novembre au 17 décembre – etc.

c'est le fameux « effet Mars » qui a alimenté et alimente toujours les papiers des astrologues. De nombreuses études ont mis en évidence un certain nombre de biais méthodologiques dans l'expérimentation de Gauquelin. Signalons l'importante expérimentation⁷⁸⁵ menée par Claude Benski, Dominique Caudron, Yves Galifret, Jean-Paul Krivine, Jean-Claude Pecker, Michel Rouzé et Evry Schatzman sur 1066 sportifs de haut niveau et un échantillon de plus de 85 000 personnes qui réfute clairement la thèse de Gauquelin⁷⁸⁶. La différence de fréquence trouvée qui est de 18,76% « effet Mars » chez les sportifs contre 18,2% dans la population de référence, n'est statistiquement pas significative⁷⁸⁷.

Qu'il s'agisse de la recherche de réfutabilité par énoncé de base ou de façon statistique, on observe donc que la radiesthésie comme l'astrologie sont des disciplines réfutables ce qui devrait en faire des disciplines scientifiques. Est-il aussi besoin de rappeler, pour convaincre les plus sceptiques, que toute théorie réfutée empiriquement se trouve être automatiquement réfutable, et accéder ainsi à la scientificité⁷⁸⁸ ? Nous avons volontairement limité notre étude à ces deux disciplines, mais il serait tout aussi possible de rechercher la réfutabilité d'un grand nombre de disciplines paranormales (numérologie, cartomancie, etc.). Le point commun de ces disciplines, c'est qu'elles sont réfutables mais aussi réfutées. Pourtant si l'on s'appuie sur d'autres critères de scientificité qu'ils soient épistémologiques (vérification empirique, réfutation empirique...) comme sociologiques (présence d'un

⁷⁸⁵ BENSKI Claude *et al.*, *The "Mars Effect : A french test of over 1000 sports champions*, Prometheus Books, 1996. Voir aussi <http://www.pseudo-sciences.org/spip.php?article162>.

⁷⁸⁶ Tel ne serait pas l'avis de Paul R. Thagard qui considère qu'en absence de théorie de remplacement, l'astrologie n'est pas réfutable et qu'il est impossible de parler de réfutation des énoncés statistiques de Gauquelin (THAGARD Paul R., *Why Astrology Is A Pseudoscience*, In *PSA 1978 Volume 1*, edited by P.D. Asquith and I. Hacking (East Lansing: Philosophy of Science Association, 1978, p. 226). Notre réponse est triple : (1) La conception de la réfutabilité de Thagard (construite sur le seul remplacement théorique) est erronée, (2) nous nous plaçons volontairement en dehors de tout falsificationnisme sophistiqué pour discuter de la seule relation logique, (3) la thèse astrologique n'est pas une théorie synthétique de faits empiriques car les faits avancés n'ont jamais été observés et qui plus est, la théorie n'est pas explicative et donc il n'y a pas à proposer une théorie explicative concurrentielle (dans tous les cas cette théorie serait la négation de la thèse de Gauquelin).

⁷⁸⁷ $p = 0,63$ pour le test du khi-deux à un degré de liberté. Les résultats sont même (tout en étant non significatifs) plus importants pour Vénus (19,42 %).

⁷⁸⁸ « Si, par contre, il lui arrivait de périr à la suite de son premier test, son hypothèse devrait de toute façon être qualifiée de scientifique, puisqu'elle aurait été réfutée (...) ». ZAHAR Elie, *Essai d'épistémologie réaliste*, Paris, Vrin, 2002, p. 60.

enseignement académique, comités de lecture ...) ces disciplines apparaissent clairement hors du champ de la science. Ces résultats mettent en évidence que malgré les incertitudes de la réfutation empirique, il n'existe pas d'autres choix⁷⁸⁹ que d'exiger la résistance aux tests comme critère de scientificité ainsi que le préconise un nombre important d'épistémologues (catégorie A, voir section I.A.2). Dans tous les cas, un critère de démarcation qui repose sur la seule réfutabilité, correspondant finalement au choix final de Popper, souffre d'incomplétude comme nous allons le montrer.

b) Une logique de la réfutabilité est-elle possible ?

L'étude poppérienne de la scientificité s'est construite autour de la nature des énoncés utilisés en science : universels, universels numériques, existentiels stricts ou existentiels restreints (énoncés singuliers). Son objectif principal était alors de lutter contre le critère de scientificité du cercle de Vienne, le vérificationnisme de la signification. Afin de démontrer l'impossible vérification des énoncés universels, Popper construit son argumentation sur l'équivalence logique entre la vérification d'un énoncé universel et la réfutation d'un énoncé existentiel strict. Un énoncé existentiel strict est irréfutable car il n'existe aucun énoncé de base (énoncé singulier) qui puisse le contredire. Par contre, un énoncé universel peut être contredit (réfuté) par une observation singulière, et ainsi Popper peut poser le *modus tollens* : $(t \rightarrow p) \wedge \neg p \rightarrow \neg t$. Précisons que le *modus tollens* permet de conclure empiriquement uniquement si la théorie n'est pas de nature tautologique. En effet, si $t \rightarrow (p \vee \neg p)$, la classe des falsificateurs réels est vide, car la théorie autorise p comme $\neg p$. Quand la théorie n'est pas tautologique, l'existence effective de p exclut celle de $\neg p$ et vice-versa, de telle sorte que les deux ne peuvent exister simultanément (ce qui permet éventuellement de conclure $\neg t$). Remarquons que toutes ces considérations poppériennes logiques opèrent dans le domaine de la seule réfutation empirique donc effective : « Le mode d'inférence falsifiant auquel il est fait

⁷⁸⁹ Sauf quand la mise en jeu technique de la réfutabilité est déjà en défaut, voir *infra*.

référence ici – la manière dont la falsification d’une conclusion entraîne la falsification du système dont il est dérivé – est le *modus tollens* de la logique classique⁷⁹⁰ ». Popper ne parle jamais, dans cette section 18 de *La logique de la découverte scientifique*, de réfutabilité (ou falsifiabilité) donc de potentialité.

Cependant, pour les multiples raisons évoquées dans la présente thèse, Popper a ancré le critère de démarcation dans la réfutabilité et non pas dans la réfutation, et ce qui restait souverain en « logique pure » ne l’est plus en « logique potentielle ». Dans ce cas, rien n’empêchera jamais l’existence d’un falsificateur potentiel à défaut d’être réel, c’est-à-dire que l’affirmation $t \rightarrow p$ autorisera toujours l’existence virtuelle de $\neg p$. En effet, comme p n’est qu’affirmé comme conséquence de t que potentiellement et non pas effectivement, il « laisse toute la place » à $\neg p$ d’exister virtuellement et cela, même si la théorie n’est pas tautologique.

Modus tollens de la réfutation empirique : $\forall t$, si $(t \rightarrow \neg(p \vee \neg p))^{791}$, alors $((t \rightarrow p) \wedge \neg p) \rightarrow \neg t$

Conséquences sur la réfutabilité : $\forall t$, si $(t \rightarrow \neg(p \vee \neg p))$,

mais si $(t \rightarrow \text{potentiellement } p)$ donc $(\exists \text{ virtuellement } \neg p)$, alors :

$((t \rightarrow \text{potentiellement } p) \wedge \text{virtuellement } \neg p) \rightarrow \text{potentiellement } t \vee \neg t$

Tableau 6 – Comparaison de l’opérabilité du *modus tollens* en « logique pure » et en « logique potentielle »

Evidemment les existences concomitantes de p et $\neg p$ sont seulement potentielles, car étant donné que $t \rightarrow \neg(p \vee \neg p)$, alors p et $\neg p$, comme nous l’avons dit, ne peuvent pas cohabiter dans la réfutation empirique. Par exemple si $\neg p$ est avéré effectivement, le *modus tollens* opère et $\neg t$ est conclu. Par contre, dans le registre de la potentialité, poser l’existence de la

⁷⁹⁰ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p. 74.

⁷⁹¹ C’est-à-dire si la théorie n’est pas tautologique.

relation $t \rightarrow p$, donc sans avoir même aucune certitude sur sa réalité, ne peut empêcher celle de son contraire ($t \rightarrow \neg p$) car on ne peut fixer ni l'une ni l'autre. *Toute théorie qui affirme potentiellement l'universalité d'une relation de causalité suppose toujours au moins un falsificateur virtuel.* En termes poppériens, une théorie causale proscrit toujours au moins une classe non vide d'énoncés de base homotypiques. Donc toute théorie universelle causale, vraie ou fausse, est potentiellement réfutable. La radiesthésie, parce qu'elle postule l'universalité d'une relation de causalité est réfutable. Il est facile d'en faire l'expérience pour n'importe quelle théorie établissant un lien de causalité. Exemple : « Le port d'un collier de perles d'ambre de la Baltique entraîne la disparition des douleurs dentaires du nourrisson » (publicité). Cet énoncé est réfutable par l'énoncé suivant : « Aujourd'hui 5 août 2011 à Avignon, la petite Amélie, âgée de 7 mois, qui porte depuis un mois un collier de perle d'ambre de la Baltique pleure : l'origine des douleurs a été attribué à l'unanimité, par un cortège d'experts pédiatres, à la percée de ses dents de lait⁷⁹² ». On peut comparer la scientificité supposée de l'énoncé universel avec l'information suivante : « Le SMUR de l'Hôpital Necker-Enfants Malades à Paris, recensait en 2003, 30 décès annuels par strangulation en France. Etaient en cause les cordons de rideau en boucle près des lits, les colliers "d'ambre", et les colliers divers (chaînettes)⁷⁹³ ». Si l'on suit le critère de réfutabilité, cet énoncé singulier écrit par le professeur Olivier Reinberg du Service de Chirurgie Pédiatrique du Centre Hospitalier Universitaire Vaudois aurait donc une scientificité bien moindre que l'énoncé universel précédent.

Le même raisonnement peut être effectué à propos de la réfutabilité statistique. Dans le domaine de la potentialité, il existera toujours un énoncé statistique falsificateur.

⁷⁹² Evidemment il est toujours possible de remettre en question une telle affirmation (voir plus loin l'aspect technique de la réfutabilité).

⁷⁹³ REINBERG Olivier, *Paediatrica*, vol.20, No2, 2009.

<http://www.swisspaediatrics.org/sites/default/files/paediatrica/vol20/n2/pdf/75.pdf>

La réfutabilité de l'universalité d'une théorie causale ne peut être un critère de scientificité. Il devient évident, du point de vue de la « logique potentielle », que l'astrologie, la radiesthésie (etc.) comme le marxisme ou la psychanalyse, comme les lois de Newton (etc.) sont réfutables parce qu'elles sont toutes formées d'énoncés universels non tautologiques. Et parce qu'elles affirment l'existence de quelque chose seulement potentiellement, il existera toujours la possibilité (virtuelle) de l'existence de son contraire. Ce point, finalement d'une grande évidence, est capital, il permet de comprendre les interrogations multiples de nos contemporains (comme par exemple Grünbaum ou Cioffi) confrontés à l'aporie de la réfutabilité. Popper a donc écarté la psychanalyse comme l'astrologie du champ de la science pour de mauvaises raisons. A côté il est vrai, d'énoncés singuliers irréfutables, ces disciplines ne se contentent pas d'affirmations trop peu définies pour être mises en échec, leur volonté d'universalité entraîne automatiquement la présence virtuelle d'énoncés falsificateurs. Le seul défaut d'un énoncé universel qui pourrait finalement être mis en évidence par la « logique potentielle » de Popper, serait celui d'être tautologique. Et il n'est pas anodin de remarquer que la théorie de la sélection naturelle a été rejetée initialement par Popper à cause de sa structure tautologique ou quasi-tautologique. Ce que nous avons appelé « logique potentielle » n'a donc de logique que le nom, puisque dans le domaine de la potentialité, le tout comme son contraire peuvent être affirmés simultanément. Le *modus tollens* opérera toujours et donc en quelque sorte fonctionnera « à vide » sans aucun effet discriminant possible (*potentiellement $t \vee \neg t$*). *Il n'existe pas de logique de la potentialité*. Le saut épistémologique d'*agere* vers *potentia* s'avère impossible et non avenu dans le domaine de la logique.

Cependant, pour autant, tous les énoncés universels ne sont pas testables, car comme nous l'avons montré (partie I), le critère est logico-technique. La réfutabilité, critère évolutif, doit pouvoir être techniquement possible. Si d'un point de vue logique il n'y a aucune différence entre la réfutabilité d'énoncés universels comme « tous les corbeaux sont gris » ou

« tous les êtres humains sont égoïstes », alors que pour le premier la simple observation d'un corbeau blanc est falsificatrice, l'on voit immédiatement toute la difficulté à réfuter le second. D'un point de vue logique, la classe des falsificateurs virtuels n'est pas vide, un énoncé tel « Pierre est altruiste » est bien réfuteur, cependant la forte composante subjective de l'énoncé entraîne de réelles difficultés techniques. Comment, en effet, un énoncé de base (tel « Aujourd'hui, 7 août 2010, Pierre fait un don de la moitié de son salaire en faveur des populations d'Ethiopie ») pourra-t-il caractériser avec certitude l'altruisme ? Un comportement *a priori* totalement dénué d'intérêt personnel pourrait-il être suffisant, sachant qu'*in fine* on peut toujours soupçonner un désir à satisfaire, un intérêt caché ? On se retrouve dans le même cas de figure que pour la paranoïa pour laquelle Popper rappelait toute la difficulté qu'il existe à poser le diagnostic avec certitude⁷⁹⁴. La composante technique du critère de démarcation permettrait donc d'écarter un certain nombre d'énoncés universels très chargés subjectivement, comme l'on peut en trouver dans les sciences humaines telles la psychologie ou la psychanalyse.

Si le couple universalité et réfutabilité est logiquement inopérant, il n'en est pas de même de la réfutation associée à l'universalité. Cependant l'universalité ne va pas de soi dans tous les domaines de la science, notamment en biologie. La partie suivante s'interroge sur l'adéquation de la démarche poppérienne aux sciences de la vie.

C. Le critère de démarcation appliqué aux sciences de la vie

Le succès du critère de démarcation auprès des biologistes atteint son apogée dans les décennies 1950 à 1980. Pendant cette période, comme nous l'avons rappelé, nombreux sont ceux qui se revendiquent du « falsificationnisme », par conviction ou par mode⁷⁹⁵. Il faut dire

⁷⁹⁴ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1956), *op.cit.*, 1980, p. 187.

⁷⁹⁵ « Lorsque, dans les années 1950 et 1960, Popper était en vogue, tous les biologistes que je connaissais se présentaient comme des poppériens, tout en faisant en réalité ce que bon leur semblait⁷⁹⁵ ». MAYR Ernst, *Qu'est-ce que la biologie ?* (1997), trad. de Marcel Blanc, Fayard, 1998, p. 67.

qu'ils ont plutôt été aidés par de nombreux philosophes de la biologie ; certains comme Michael Ruse (voir l'introduction) ou Elliott Sober⁷⁹⁶ ont œuvré dans le sens général, d'autres (Alexander Rosenberg⁷⁹⁷) ont eu une attitude plus attentiste, cherchant généralement à adapter le critère (David Hull)⁷⁹⁸, sans vraiment se prononcer sur son opérabilité réelle dans les sciences de la vie. Mais progressivement, s'installe une méfiance parmi les biologistes, si ce n'est parfois un rejet radical de la méthodologie poppérienne quand il ne s'agit pas bien souvent d'une ignorance liée à l'effet de l'usure du temps. C'est qu'il existait quelque chose de paradoxal à ce qu'une méthodologie, quoique à prétention universelle mais cependant élaborée dans le paradigme de la science physique, pût trouver une telle applicabilité au sein de la biologie, une science tout de même assez différente de la mécanique classique tant dans ses objets d'étude que ses schèmes conceptuels. On assiste donc à une prise de conscience progressive de cette distorsion qui se traduit de façon variable suivant les domaines. Les disciplines biologiques qui, *a priori*, s'apparentent davantage aux sciences physiques, c'est-à-dire qui étudient, selon la dichotomie de Mayr, « les causes immédiates⁷⁹⁹ » et donc s'intéressent avant toute chose aux processus vivants, telles la physiologie ou la biologie moléculaire, ont été peu sensibles à cette distorsion. Il en va autrement des disciplines qui ont pour « objectif l'étude des causes lointaines⁸⁰⁰ », comme la biologie de l'évolution ou la systématique, sciences des structures, où le caractère historique est plus prégnant. Dans le but de dégager les principaux problèmes soulevés par l'application du critère de démarcation aux sciences de la vie, tout en ancrant cette partie dans le concret, nous nous intéresserons à une branche de la biologie de l'évolution construite à partir des travaux de l'entomologiste

⁷⁹⁶ "(...) *falsifiability is the hallmark of a scientific statement*". SOBER Elliot, *Philosophy of biology*, Westview Press, Boulder, 1993, p. 46.

⁷⁹⁷ Voir citation partie I.A.2, pp. 320-321.

⁷⁹⁸ HULL David L., "The Use and Abuse of Sir Karl Popper" in *Biology and Philosophy* 14, 1999, pp. 481 à 504.

⁷⁹⁹ MAYR Ernst, *Qu'est-ce que la biologie ?* (1997), *op.cit.*, p. 133.

⁸⁰⁰ *Ibid.*

allemand Willi Hennig (1913-1976), la systématique phylogénétique ou cladistique⁸⁰¹. La cladistique a cette particularité d'avoir gagné sa légitimité justement grâce au critère poppérien, pour progressivement remettre en question une influence devenue lourde à porter.

1. Les leçons de la cladistique⁸⁰²

La première étude de systématique phylogénétique faisant directement référence à la philosophie poppérienne paraît en 1975⁸⁰³. Elle est l'œuvre du zoologue Eugene S. Gaffney et porte sur la phylogénie et la classification des tortues de mer⁸⁰⁴. Gaffney applique la testabilité poppérienne, indiquant qu'elle lui semble la plus « compatible » avec la cladistique. Cette étude avait été précédée par une série d'articles théoriques sur les principales idées de Popper et la pertinence qu'il y aurait de les appliquer à la systématique⁸⁰⁵, articles écrits en collaboration avec Norman Platnick, et parus dans *Systematic zoology*. Puis le nombre de publications se réclamant de la cladistique faisant référence à Popper augmente très sensiblement au cours des années qui suivent. Afin de comprendre comment la méthodologie

⁸⁰¹ Les fondements de la systématique phylogénétique sont exposés dans *Grundzüge einer Theorie der Phylogenetischen Systematik* dès 1950. Mais il a fallu attendre l'adaptation de ses travaux en langue anglaise, notamment en 1965 et 1966, pour que la communauté scientifique internationale les découvre véritablement. La cladistique fut, par la suite, développée notamment par L. Brundin, J. S. Farris, G. Nelson, N. Platnick, N. Eldredge, J. Cracraft, E. O. Wiley et R. Brady. Elle a révolutionné l'approche systématique et s'est largement imposée au cours de ces soixante dernières années. Elle complète et s'oppose aux anciennes classifications qui postulent que le degré de parenté est corrélé au degré de ressemblance (phénétiq) ou qui sont fondées sur l'adaptation des organismes au milieu (systématique évolutionniste ou systématique éclectique). Rappelons à toute fin utile, que la cladistique a pour objectif de retrouver les parentés évolutives entre espèces en les rassemblant en groupes monophylétiques, c'est-à-dire en groupe comportant un ancêtre commun et la totalité de ses descendants. Il s'agit d'identifier les similitudes héritées d'un ancêtre commun (homologies) pour construire des relations phylétiques à partir du partage de la variation héréditaire de caractères, à l'état dit dérivé (ou apomorphe) résultat de la transformation d'un état ancestral (ce qui est appelé parfois « principe de Hennig » voir *infra*). Le caractère dérivé partagé, ou synapomorphie, détermine un clade au sein d'un groupe d'étude donné. L'analyse phylogénétique se fonde sur le cladogramme, graphe explicitant les hypothèses d'apparement relatif entre taxons.

⁸⁰² Cette étude mériterait un approfondissement historique plus conséquent, cependant la place limitée au regard de l'ensemble de la thèse nous obligera à en restreindre les développements.

⁸⁰³ HELFENBEIN Kevin G. et DESALLE Rob, "Falsifications and corroborations : Karl Popper's influence on systematics", in *Molecular Phylogenetics and Evolution* 35, 2005, p. 274. Signalons aussi les travaux du systématicien Walter J. Bock qui s'oppose à la pratique traditionnelle de la systématique inductionniste et vérificationniste, et réclame une démarche de réfutation conforme « à la philosophie des sciences de Popper ». BOCK Walter J., "Philosophical foundations of classical evolutionary classification" in *Systematic zoology*, vol. 22, 1973.

⁸⁰⁴ GAFFNEY Eugene S., "A phylogeny and classification of the higher categories of turtles" in *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.* 1975, 155, p. 391 à 436.

⁸⁰⁵ GAFFNEY Eugene S., "An introduction to the logic of phylogeny reconstruction" in *Phylogenetic analysis and paleontology* (J. Cracraft and N. Eldredge, eds.). Columbia University Press, New York, 1979, p. 105.

poppérienne s'appliquerait à la cladistique, nous nous intéresserons à un article de l'ichtyologue Edward O. Wiley que l'on peut considérer comme épistémologiquement caractéristique si ce n'est fondateur. Celui-ci introduit son étude en se référant explicitement à Popper⁸⁰⁶ et le conclut par huit recommandations, formant ce que l'on pourrait appeler, le nouveau credo de la systématique phylogénétique. Les voici *in extenso* :

« RÉSUMÉ DES RECOMMANDATIONS

- (1) Bien que le rapport entre l'homologie et la phylogénie phylogénétique puisse être circulaire dans le cadre d'une philosophie de la science inductive d'essai d'hypothèse, il n'est pas circulaire dans la philosophie déductive d'essai d'hypothèse préconisée par Popper.
- (2) Les termes apomorphiques et plésiomorphiques (et leurs dérivés) donnent des concepts précis qui sont des dérivations logiques d'une définition phylogénétique de l'homologie. En soi, ils devraient être substitués au mot d'homologie dans les études systématiques. Ceci distingue le concept de l'homologie utilisé dans l'étude de tous les autres concepts de l'homologie. Il rend également l'expression conditionnelle de Bock inutile.
- (3) Seules les synapomorphies peuvent être utilisées pour tester des hypothèses de phylogénie, et une synapomorphie qui corrobore une phylogénie devient un sous-ensemble propre de cette phylogénie.
- (4) Les tests des hypothèses phylogénétiques sont valides si les classes potentielles des falsificateurs de la synapomorphie employées pour examiner la phylogénie ne recoupent pas les classes potentielles des falsificateurs qui sont déjà les sous-ensembles propres de l'hypothèse phylogénétique.
- (5) La production d'une hypothèse phylogénétique par induction ne constitue pas un test valide de phylogénie ou un test de synapomorphie utilisé pour générer une phylogénie.
- (6) Les hypothèses de synapomorphie qui réfutent une phylogénie réfutent également toutes les hypothèses de synapomorphie qui forment les sous-ensembles propres de la phylogénie réfutée. Un tel critère est valide, à moins que la supposée synapomorphie est démontrée être soit une plésiomorphie ou une non-homologie au niveau initial d'universalité de l'hypothèse phylogénétique. Cette démonstration ne peut être accomplie que par l'élévation du niveau d'universalité du problème.
- (7) L'hypothèse phylogénétique qui a été le moindre nombre de fois rejetée est préférable à ses alternatives.
- (8) Le système de classification évolutive classique préconisé par Bock, Mayr, et Ashlock est invalide vis-à-vis de la philosophie de Popper et demeurera invalide parce que les concepts tels que la similitude génétique, la similitude phénétique, la percée adaptative, et la divergence évolutive ne sont pas indépendants de l'ascendance généalogique et des rapports cladistiques. Ainsi, ils ne peuvent pas changer indépendamment d'une classification basée sur des rapports généalogiques. Les tentatives de changer ces rapports mèneront à l'apriorisme en raison de l'imprécision de la méthodologie utilisée. Ainsi, ce système est rejeté en faveur d'un système où la classification reflète la phylogénie⁸⁰⁷ ».

⁸⁰⁶ « Je soutiendrai qu'une théorie de phylogénie par la descendance généalogique est conforme au critère général de testabilité et aux méthodes spécifiques de test décrites par Popper qui peuvent donc servir de base à la classification (...) Je soutiens que la méthodologie de Hennig (1966) est testable selon la philosophie de Popper », (« *I will argue that a theory of phylogeny via genealogical descent conforms to the general criterion of testability and the specific methods of testing outlined by Popper (1968a, b) and thus can serve as a basis for classification. (...) I maintain that Hennig's (1966) methodology is testable within Popper's philosophy.* » - je traduis-), WILEY, Edward O., "Karl R. Popper, systematics and classification : A reply to Walter Bock and other evolutionary taxonomists" in *Systematic zoology*, vol. 24, 1975, pp. 233.

⁸⁰⁷ (« *SUMMARY WITH A RECOMMENDATION*(1) *Although the relationship between phylogenetic homology and phylogeny may be circular within an inductive hypothesis testing philosophy of science, it is not circular within the deductive hypothesis testing philosophy advocated by Popper (1968a,b).* (2) *The terms apomorphous*

Remarquons que sur les huit items, deux citent Popper en référence (items (1) et (8)). Seul l’item (2) qui relève de considérations logicolexicales n’est pas lié à l’épistémologie poppérienne. Tous les autres items sont partiellement ou directement en relation avec la démarche du philosophe. L’item (3) qui est la pierre angulaire de la démarche hennigienne, est présenté dans un registre typiquement falsificateur : « tester des hypothèses », « corroborer une phylogénie ». Les items (1) et (5) dénoncent clairement les apories d’une démarche phylogénétique construite sur l’induction. L’item (8) rejette la méthodologie des pratiques systématiques plus anciennes (non poppériennes), comme les systématiques évolutionniste et phénétique. Le test poppérien (6) consiste à confronter une hypothèse phylogénétique initiale, obtenue par induction, à une hypothèse de synapomorphies dont les données sont indépendantes de la première hypothèse c'est-à-dire dont les falsificateurs potentiels ne se recoupent pas avec ceux de l’énoncé phylogénétique. Dans le cas où la réfutation opère, la synapomorphie incongruente met en évidence la présence éventuelle d’un simplésiomorphie

*and plesiomorphous (and their derivatives) convey precise concepts which are logical derivations of a phylogenetic definition of homology. As such, they should be substituted for the word homology in systematic studies. This distinguishes the concept of homology used in the study from all other concepts of homology. It also makes the conditional phrase of Bock (1969, 1973) unnecessary. (3) Only synapomorphies can be used to test hypotheses of phylogeny, and a synapomorphy which corroborates a phylogeny becomes a proper subset of that phylogeny. (4) Tests of phylogenetic hypotheses are valid if the potential classes of falsifiers of the synapomorphy used to test the phylogeny do not intersect the potential classes of falsifiers which are already proper subsets of the phylogenetic hypothesis. (5) Production of a phylogenetic hypothesis via induction does not constitute a valid test of the phylogeny or a test of the synapomorphy used to generate the phylogeny. (6) Hypotheses of synapomorphy which refute a phylogeny also refute all hypotheses of synapomorphy which form proper subsets of the rejected phylogeny. Such a test is valid unless the supposed synapomorphy is demonstrated to be either a plesiomorphy or a nonhomology at the original level of universality of the phylogenetic hypothesis. This demonstration can only be accomplished by raising the level of universality of the problem. (7) The phylogenetic hypothesis which has been rejected the least number of times is preferred over its alternates. (8) The classical evolutionary classification system advocated by Bock (1973), Mayr (1974), and Ashlock (1974) is invalid under Popper's philosophy and will remain invalid because concepts such as genetic similarity, phenetic similarity, adaptive breakthrough, and evolutionary divergence are not independent of genealogical descent and cladistic relationships. Thus, they cannot independently alter a classification based on genealogical relationships. Attempts to alter these relationships will lead to apriorism because of the vagueness of the methodology employed. Thus, this system is rejected in favor of a system wherein classification mirrors phylogeny” – je traduis-) ; WILEY, Edward O., “Karl R. Popper, systematics and classification : A reply to Walter Bock and other evolutionary taxonomists”, *op. cit.*, pp. 242-243.*

ou l'absence d'une homologie, dans le cas contraire l'on assiste à une corroboration. Wiley propose l'exemple fictif suivant (figure 10) :

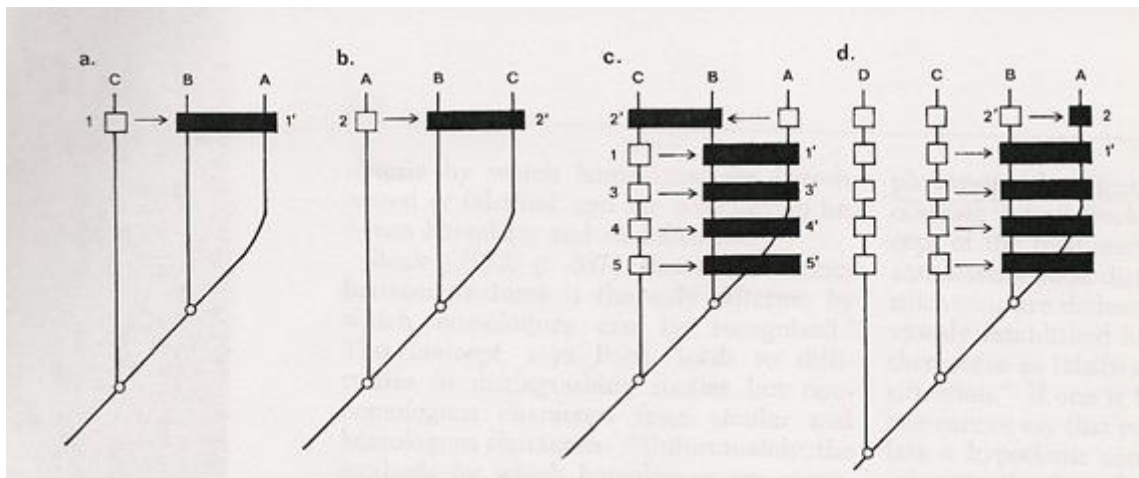


Fig. 14 – Rejet d'une synapomorphie incongruente utilisant la méthode holomorphologique de Hennig. Les rectangles noirs représentent les apomorphies et les carrés blancs, les plésiomorphies⁸⁰⁸.

Les phylogénies a et b sont deux hypothèses produites par induction, qui s'excluent mutuellement et dont les caractères 1 et 2 sont synapomorphiques (1' et 2') dans leur phylogénie respective⁸⁰⁹. Aucune des deux hypothèses ne peut être à ce stade exclue. Imaginons que l'on trouve trois sous-ensembles synapomorphiques propres à a mais aucun à b. Le cladogramme b se présenterait alors comme en c. Nous commençons alors à suspecter la validité de la synapomorphie 2' et par voie de conséquence qu'elle ne représentait pas un test valide pour rejeter a. Supposons que nous trouvions un autre taxon D, qui possède le caractère 2' et aucunes autres synapomorphies. Par l'addition de ce nouveau taxon à notre analyse, nous avons augmenté le niveau d'universalité de notre hypothèse phylogénétique et nous démontrons qu'il est plus parcimonieux de considérer 2' comme une symplésiomorphie pour les taxons B, C et D qu'une synapomorphie (hypothèse b). L'état de caractère noté 2 devient

⁸⁰⁸ WILEY, Edward O., "Karl R. Popper, systematics and classification : A reply to Walter Bock and other evolutionary taxonomists", *op. cit.* p. 239.

⁸⁰⁹ D'après le commentaire de Wiley, indices modifiés.

maintenant une autapomorphie⁸¹⁰ du taxon A (ou une possible synapomorphie à un niveau plus élevé d'universalité).

La cladistique selon Wiley se conçoit donc comme une démarche logique qui emprunte à Hennig les principes scientifiques et à Popper la méthode. On peut citer comme premiers auteurs pro-poppériens (avec cependant des nuances importantes dans leur argumentation), N. Planick⁸¹¹, E.S. Gaffney et David. B. Kitts. L'introduction de nouvelles synapomorphies dans l'objectif de tester un cladogramme sera aussi théorisée par C. Patterson et définit sous le nom de test de congruence⁸¹² (cependant dans un contexte non exclusivement poppérien). J.S. Farris, H.N. Bryant et A.G. Kluge en seront par la suite les principaux promoteurs poppériens. Ce dernier synthétise leur position ainsi : « La réfutation (falsification) réside dans les synapomorphies incongruentes, parce que [les] traits partagés dérivés impliquent la preuve d'un cladogramme différent⁸¹³ ».

En France, le « falsificationnisme cladistique » a été introduit dans les années 1980 par Philippe Janvier, Pascal Tassy et Daniel Goujet où il suit la pénétration des travaux hennigiens. L'importance de la philosophie poppérienne dans la démarche de la systématique phylogénétique est bien illustrée par le premier numéro de *Biosystema*, publication de la toute nouvelle Société Française de Systématique, fondée en 1987⁸¹⁴. Comme outre-Atlantique la référence aux écrits de Popper fonctionne dans un premier temps comme un argument de poids, dans ce que David Hull a appelé « la guerre des systématiciens » permettant de faire

⁸¹⁰ Caractère à l'état dérivé propre à un taxon.

⁸¹¹ Planick écrit en 1979 : « Les méthodes cladistiques cadrent parfaitement avec la stratégie du falsificationnisme » (“*cladistic methods fit well with the strategy of falsificationism*” – je traduis-) in PLATNICK Norman I., “Philosophy and the transformation of cladistics”. *Syst Zool* 28,1979, pp. 537–546.

⁸¹² PATTERSON C., “Morphological characters and homology” in *Problems of Phylogenetic Reconstruction*, Joysey, K.A., Friday, A.E. (Eds.), Academic Press, London, 1982, pp. 21 à 74.

⁸¹³ (“*Refutation (falsification) resides in incongruent synapomorphies, because those shared-derived traits imply evidence for a different cladogram*”- je traduis-). KLUGE Arnold G., “Testability and Refutation and Corroboration of Cladistic Hypotheses” in *Cladistics* 13, 1997, pp. 86.

⁸¹⁴ « Pour le systématicien, il en résulte qu'on ne peut prouver qu'une hypothèse, telle la classification d'un groupe animal ou végétal, est vraie. En revanche, on peut démontrer qu'elle est fautive lorsque les conséquences que l'on peut en tirer sont contredites par certains faits. Pour être scientifique une hypothèse doit donc être formulée de façon à être testable, c'est-à-dire à la fois prédictive et ouverte à la réfutation (« falsifiabilité », « réfutabilité » au sens de Popper) ». MATILE Loïc, TASSY Pascal, GOUJET Daniel, *Introduction à la systématique zoologique* (1987), *Biosystema* n°1, SFS, 2004, p. 4. Voir aussi page 46.

pencher la balance en faveur de la cladistique hennigienne⁸¹⁵. La recherche d'une légitimité scientifique est bien résumée par Armand de Ricqlès dans sa *Leçon Inaugurale au Collège de France* :

« L'analyse phylogénétique, grâce à ses principes et à la méthodologie, répond pleinement, et pour la première fois dans le domaine de la Systématique, aux critères de « scientificité » d'une théorie au sens de Popper (1962). Comme le souligne Janvier (1986), la cladistique permet de mettre clairement en évidence la faillibilité –ou la réfutabilité– d'une hypothèse de relation phylogénétique⁸¹⁶ ».

L'analyse phylogénétique, grâce à la méthode cladistique s'inscrit enfin et sans précédent dans une vraie démarche scientifique, c'est-à-dire pour les cladistes, une démarche qui ne soit pas simplement inductive. Il ne s'agit plus d'effectuer « la recherche des preuves des paradigmes existants, vice majeur de la méthode inductive⁸¹⁷ » propre à « la systématique divise⁸¹⁸ », mais de tester l'apparement relatif entre taxons collatéraux, « par la recherche des synapomorphies potentielles qui pourraient le réfuter⁸¹⁹ ». La méthode cladistique se comprend comme une démarche hypothético-déductive et relève du critère de scientificité au sens de Popper. C'est le résultat de la construction, le cladogramme, qui est au cœur de la falsifiabilité comme le rappellent Daniel Goujet et Pascal Tassy en 1999 : « le cladogramme étant construit à partir de données explicites et testables sur la base de la parcimonie, l'analyse cladistique était présentée comme une pratique scientifique parce que sa production était réfutable ». Et d'ajouter, « Il n'y a rien à retrancher à cela. Aujourd'hui si les références à Popper se font plus rares, c'est peut-être parce que la phase de légitimation appartient au passé⁸²⁰ ».

⁸¹⁵ David HULL détaille dans le quatrième chapitre de *Science as a process. An evolutionary account of the social and conceptual development of science* (The University of Chicago Press, Chicago, 1988), intitulé "Systematists at war" les péripéties des conflits qui émaillèrent les tenants de la nouvelle systématique, la systématique phénétique et la cladistique hennigienne.

⁸¹⁶ DE RICQLÈS Armand, *Leçon Inaugurale au Collège de France, Chaire de biologie historique et évolutionnisme*, lundi 6 mai 1996, p. 9.

⁸¹⁷ MATILE Loïc, TASSY Pascal, GOUJET Daniel, *Introduction à la systématique zoologique, op. cit.*, p. 17.

⁸¹⁸ La cladistique, à l'opposée, peut être qualifiée de « systématique agglomérative », Claude Dupuis (1988).

⁸¹⁹ MATILE Loïc, TASSY Pascal, GOUJET Daniel, *Introduction à la systématique zoologique, op. cit.*, p. 49.

⁸²⁰ GOUJET Daniel et TASSY Pascal, « Paléontologie et cladisme : l'état des relations » in *GEOBIOS, M.S.* n°20, 1999, p. 287.

Appliqués à la cladistique, les concepts poppériens peuvent être résumés ainsi : (1) Le test de congruence est de nature falsificatrice, (2) l'arbre phylogénétique (ou cladogramme⁸²¹) est l'hypothèse à tester *h*, (3) le « *descent with modification* » de Darwin, représente les connaissances d'arrière-plan *b* (*de background knowledge*), (4) les synapomorphies correspondent aux énoncés de base *e*. Progressivement, à la suite d'un approfondissement des lectures poppériennes, d'autres notions s'introduisent : les homoplasies sont interprétées comme des hypothèses *ad hoc* (A.G. Kluge), la corroboration $C(h,e,b)$ va permettre une évaluation des résultats des tests subis par une théorie (Kevin de Queiroz, Dan P. Faith). La nouvelle cladistique serait consubstantielle de la philosophie de Popper.

Après donc une période de quasi symbiose entre l'application des principes hennigiens et la méthode poppérienne, un certain nombre de problèmes techniques et philosophiques apparaissent dès le début des années 1980. La validité même de la nature poppérienne du test de congruence, au cœur de la méthode, est âprement discutée. Quand on réfléchit à ce qui est véritablement testé et ce avec quoi on teste, on s'aperçoit que la cladistique est assez loin des standards poppériens en termes d'énoncés (Olivier Rieppel, Lars Vogt). On perçoit, aussi, ô combien il va être difficile de placer dans l'analyse cladistique un élément central de l'épistémologie poppérienne, la prédictibilité (D.L. Kitts). Quelle est en effet la capacité prédictive d'une construction théorique tel un arbre phylogénétique ou un cladogramme ? Loin de pouvoir être assimilée au standard déductif poppérien (Eliot Sober, Lars Vogt), la méthode cladistique semble plutôt s'apparenter à des logiques « plus douces », telle l'abduction peircienne (Kirk Fitzhugh). En 2006 Guillaume Lecointre regrettait amèrement que la biologie structurale « afin de survivre, [se soit] réclamée poppérienne, hypothético-déductive et prédictive, reprenant à son compte des modèles épistémologiques étrangers » et qu'elle ait même « pratiqué en interne ce que d'autres pratiquaient contre elle : l'anathème

⁸²¹ Classiquement le cladogramme répond à la recherche des stricts apparentements (qui est plus proche de qui ?). Il est indépendant d'autres données comme l'échelle des temps géologiques, contrairement à l'arbre phylogénétique.

épistémologique⁸²² ». Les discussions autour de la cladistique pointeront du doigt les difficultés rencontrées dans l'application de la réfutation poppérienne à la biologie.

2. L'adéquation du critère poppérien aux sciences de la vie

A la lueur des discussions et des disputes observées en cladistique, deux axes de réflexion se détachent. (1) La nature des énoncés biologiques engagés dans une réfutation ; (2) La spécificité des théories biologiques vis-à-vis de la réfutation.

(1) Concernant le premier point, rappelons que selon la méthodologie poppérienne, la réfutation est bâtie à partir d'un énoncé universel et d'un énoncé de base. Si nous prenons l'exemple de la cladistique, se posent les problèmes de l'universalité de l'arbre phylogénétique, et du caractère d'énoncé spatio-temporel d'une synapomorphie. Dans ce dernier cas, le principal grief consiste à faire valoir que ces soi-disant énoncés de base ne peuvent être pas être assimilés à de simples énoncés d'observation. Par exemple Lars Vogt fait remarquer que « les hypothèses d'homologie vont au-delà des énoncés d'observation car elles impliquent la supposition d'une origine commune causale aux similitudes observables des structures des différents organismes⁸²³ ». Comme nous l'avons vu, la charge théorique des énoncés de base ne doit pas être trop importante, c'est-à-dire qu'ils doivent pouvoir satisfaire à des tests intersubjectifs faisant intervenir la simple observation. Or une hypothèse d'homologie et *a fortiori* une synapomorphie, si elles peuvent être discutées intersubjectivement ne peuvent être considérées, de par leur charge théorique, comme de simples observations. De même on peut aussi être gêné par le caractère hypothétique qui en résulte. Le partage d'états dérivés de nouveaux caractères utilisé pour tester un cladogramme

⁸²² LECOINTRE Guillaume, « Des objets chargés d'histoire » in *Sciences et avenir*, n°146, mars/avril 2006, p. 72.

⁸²³ ("Hypotheses of homology go beyond observational statements as they imply the assumption of a common causal origin to the observable sameness of structures of different organisms" –je traduis-). VOGT Lars, "The unfalsifiability of cladograms and its consequences" in *Cladistics* 24, 2008, p. 66.

est très fondamentalement hypothétique. Il s'appuie sur une homologie primaire supposée dont on serait en droit d'exiger la corroboration avant toute utilisation dans un test⁸²⁴.

Assez paradoxalement (dans un contexte physicaliste), alors que la valeur nomothétique des théories biologiques est généralement niée, il semble bien souvent difficile, d'identifier des énoncés falsificateurs en biologie qui ne n'expriment pas plus qu'une simple donnée spatiotemporelle⁸²⁵. Le cas de la cladistique et des disciplines étudiant les « causes lointaines » n'est pas isolé. On a discuté dans une partie précédente de la réfutation de la théorie de l'induction généralisée de Monod (TIG). Peut-on considérer qu'il existe un simple énoncé de base qui la réfute alors que la preuve de la dominance de *i+* est obtenue à l'issue d'une démarche expérimentale et théorique conséquente ? L'existence de *Mimivirus*⁸²⁶ ou autres *mamavirus* peut-elle être assimilée à un énoncé de base falsificateur de la théorie cellulaire ? L'identification de *Mimivirus* à une cellule ou une proto-cellule est plutôt du ressort d'un ensemble théorique assez lourd plutôt que d'une simple observation spatiotemporelle. Prenons l'exemple du « système de récompense », construction théorique d'un circuit nerveux cérébral localisé en position latérale, le long du faisceau médian du télencéphale (circuit de renforcement). La réfutation structurelle et fonctionnelle d'un tel réseau comprenant de nombreux noyaux cérébraux (aire tegmentale ventrale, pallidum ventral, noyau accumbens, hypothalamus latéral, septum et cortex préfrontal) et les faisceaux de fibres les reliant nécessitera beaucoup plus qu'un simple énoncé de base mais plutôt le développement d'une théorie concurrente. Même comprises dans le cadre du « falsificationnisme sophistiqué », les théories biologiques ont généralement en commun le fait que leur réfutation nécessite beaucoup plus qu'un énoncé d'observation, mais un

⁸²⁴ On n'est pas ici dans la même position que lors de la recherche de testabilité des énoncés de base soulignés par Popper (*Logique de la découverte scientifique*, pp. 104 et 105). La différence fondamentale réside dans l'impossibilité de tester directement une synapomorphie résultant d'une homologie primaire.

⁸²⁵ Au-delà du simple constat que les énoncés de base puissent contenir eux-mêmes une certaine charge théorique par ce qu'ils contiennent des termes universels qui transcendent l'expérience (voir partie I.C.2.b).

⁸²⁶ *Mimicking microbe virus* : virus imitant un microbe.

ensemble de données empiriques permettant l'élaboration d'un schème théorique qui devient lui-même réfutant. L'explication est à rechercher dans la nature des énoncés décrivant une théorie biologique, mais aussi la présence de phénomènes émergents qui ne se laissent pas analyser en termes de réduction physique. Les énoncés de base falsificateurs d'une théorie étant compris comme des caractéristiques physiques simples, l'épistémologie poppérienne, dans la lignée de la conception unitaire des sciences des positivistes logiques, sous-entend un réductionnisme au minimum sémantique si ce n'est explicatif comme a pu le formaliser Ernest Nagel. La réfutation d'une théorie biologique, pour être possible, devra donc aller au-delà de la simple terminologie physicaliste et se comprendre généralement comme la confrontation de théories concurrentes (Lakatos).

Le deuxième groupe d'énoncés engagés dans une réfutation est évidemment celui-là même qui forme la théorie biologique. Si nous reprenons le cas de la cladistique, le principal problème, consiste à déterminer si le cladogramme, parallèlement à son statut d'hypothèse ou de théorie (voir *infra*), est un énoncé universel ou singulier⁸²⁷. La question se pose à différents niveaux : tout d'abord la nature universelle ou individuelle des taxons, celle de l'ensemble des taxons d'un cladogramme et celui de l'universalité des relations phylogénétiques représentées par l'arbre phylogénétique. Il faut rajouter à cela l'existence réelle ou non de ces entités. De nombreux systématiciens défendent une conception nominaliste du taxon ou de l'espèce⁸²⁸ (comme Philip Kitcher⁸²⁹, Guillaume Lecointre et Hervé Leguyader⁸³⁰) qui s'oppose à sa réalité dans les choses (*in re*). On retrouve les ingrédients de la querelle des universaux

⁸²⁷ Cette question s'est avérée importante vis-à-vis du test poppérien (voir *infra*).

⁸²⁸ Le statut phylogénétique de l'espèce est particulièrement problématique. Si d'un point de vue intemporel les individus rangés dans la catégorie espèce ont un statut assez bien délimité par l'interfécondité, il n'en est pas de même d'un point de vue taxinomique. Pour nombre de systématiciens, les mécanismes évolutifs affectent la population plutôt que l'espèce. L'unité de l'évolution aurait donc un rang infra-spécifique et les taxons terminaux doivent plutôt être compris comme des populations que des espèces. Cependant les populations ne sont pas génétiquement isolées les unes des autres, leurs relations sont le plus souvent de nature réticulaire et pas seulement hiérarchique. En outre la population n'a pas de véritable statut taxinomique.

⁸²⁹ KITCHER Philip, "Species" in *Philosophy of Science*, vol. 51, 1984, pp. 308 à 333.

⁸³⁰ LECOINTRE Guillaume, Le GUYADER Hervé, *La classification phylogénétique du vivant*, Paris, Belin, 2001, p. 18.

accentuée par l'aspect conventionnel du taxon⁸³¹. Nous n'avons pas ici la prétention d'apporter une solution à ces problèmes complexes mais simplement de pointer du doigt les difficultés inhérentes à la spécificité des entités biologiques comparativement aux objets physiques. Les espèces ont-elles le statut ontologique de classes logiques d'objets ? A quelle catégorie, universelle ou singulière faut-il identifier l'espèce ? S'opposent les partisans d'une espèce classiquement comprise comme un concept typologique manifestant son essence propre (*eidōs*) du ressort de l'universel, correspondant à la position de Popper⁸³² à ceux qui prônent un statut individuel comme ont pu le faire valoir Michael Ghiselin⁸³³ ou David Hull⁸³⁴. Pour Jean Gayon, « les espèces biologiques sont des entités constituées de 'parties'⁸³⁵ » à la manière des organes d'un être vivant. Il soutient que les entités évolutives (populationnelle ou spécifique), ne sont pas interprétables en termes de classes logiques traditionnelles exemplifiables par des individus et en appelle à « une ontologie contre-intuitive qui défie le sens commun attaché à une représentation organismique de l'individualité »⁸³⁶. A cela se rajoute une conception d'inspiration hennigienne strictement temporelle de l'espèce comme élément de l'arbre phylogénétique situé entre deux spéciations (notion de « segment de lignage » de De Quieroz⁸³⁷). Dans tous les cas, les espèces et taxons étant des unités évolutives et géographiques, elles ont une extension limitée dans le temps et l'espace, ce sont des objets historiques contingents qui doivent plutôt être compris comme des

⁸³¹ Meacham (1984) définit par exemple l'EU (*Evolutionary Unit*) comme unité conventionnelle d'évolution.

⁸³² « Un concept individuel est un concept dans la définition duquel des noms propres (ou des équivalents) sont indispensables. Si l'on peut éliminer complètement toute référence à des noms propres, le concept est universel ». POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique*, op. cit., p. 64.

⁸³³ GHISELIN Michael T., "A Radical Solution to the Species Problem" in *Systematic Zoology*, 1974, pp. 536 à 544.

⁸³⁴ « Pour le moment, les espèces correspondent naturellement à la catégorie idéalisée de l'individu localisé spatio-temporellement comme le font les organismes particuliers », (*"For now, species fit as naturally into the idealized category of spatiotemporally localized individual as do particular organisms"* –je traduis-). HULL DAVID L., "The Ontological Status of Species as Evolutionary Units" (1977) in *Philosophy of Biology* edited by Michael Ruse, 1998, p. 154.

⁸³⁵ GAYON Jean, « La biologie entre loi et histoire » in *Philosophie*, vol. 38, 1989, p. 50.

⁸³⁶ *Ibid.*, p 51.

⁸³⁷ DE QUIEROZ Kevin, "The general lineage concept of species, species criteria, and the process of speciation : a conceptual unification and terminological recommendations" in Howard DJ, Berlocher SH (eds) *Endless forms: species and speciation*. Oxford University Press, New York, 1998, pp. 57–75.

singularités spatio-temporelles⁸³⁸. Par voie de conséquence il nous semble illusoire d'envisager un quelconque statut d'universalité à l'arbre phylogénétique comme cela a pu être proposé pendant la période de la cladistique poppérienne⁸³⁹, d'autant que la relation construite sur la monophylie, fondement de la cladistique hennigienne, est frappée de relativisme⁸⁴⁰.

Un des problèmes majeurs de la philosophie de la biologie appliquée à la démarche poppérienne, c'est qu'elle est restée trop longtemps (et encore de nos jours) inféodée à la catégorisation des énoncés formulés par Popper sans en identifier les limites. Cette catégorisation se construit sur une dichotomie (énoncés universels, énoncés existentiels et leurs variantes – voir tableau 3) finalement très restrictive, car tout énoncé qui n'a pas les caractères de l'universalité se trouve automatiquement reversé dans la catégorie des énoncés existentiels. Et c'est bien ce qui advient généralement⁸⁴¹ des théories biologiques qui apparaissent comme des généralisations qui ne répondent pas aux caractères d'universalité et de nécessité associées à la loi (voir *infra*), comme nous l'avons vu pour « l'hypothèse évolutionniste » et plus généralement avec le concept de « *tendances* » de Popper⁸⁴². Précisons que Popper ne fait pas la différence entre loi et théorie : « Ce sont les *énoncés universels au sens strict* dont il s'agit chaque fois que je parle d'énoncés universels : théories ou lois naturelles »⁸⁴³. Le « ou » ne doit pas être compris comme disjonctif mais affirmant une

⁸³⁸ Certains auteurs comme David B. Kitts (1977) défendent la position intermédiaire d'universalité numérique qu'ils empruntent à Popper. Il ne s'agit en réalité que d'une pseudo-universalité car se référant à une classe finie d'événements spécifiques dans une région spatio-temporelle donnée, elle peut être remplacée par la conjonction d'énoncés singuliers énumérables *in toto*.

⁸³⁹ Norman Platnick et Eugene S. Gaffney indiquaient en 1978 « au sujet des degrés relatifs de rapport parmi les taxa, s'ils sont vrais, ils seront vrais toutes les fois et partout où les membres de l'univers de ces taxa se produisent », (« *about the relative degrees of relationship among taxa that, if true, will be true whenever and wherever in the universe members of those taxa occur* » -je traduis-) in PLATNICK Norman I., GAFFNEY Eugene S., "Book review" in Syst. Zool. 27, 1978, pp. 218 à 222.

⁸⁴⁰ Il n'existe pas d'états dérivés ou ancestraux absolus, car ces derniers se définissent par rapport au groupe d'étude choisi, c'est la fonction de l'exogroupe d'en préciser les limites. Voir, par exemple : LECOINTRE Guillaume, Le GUYADER Hervé, *La classification phylogénétique du vivant*, Paris, Belin, 2001, p. 27

⁸⁴¹ Précisons que dans *Misère de l'historicisme*, Popper identifie « les lois de l'hérédité, de la ségrégation et des mutations » à des « lois universelles de la nature ». POPPER Karl R., *op.cit.*, p. 137.

⁸⁴² « *Les tendances générales ne sont pas des lois*. Un énoncé affirmant l'existence d'une tendance est existentiel, non pas universel ». POPPER Karl R., *Misère de l'historicisme* (1956), *op.cit.*, p. 145.

⁸⁴³ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p.60.

synonymie comme David Stamos le souligne⁸⁴⁴. En outre, les exemples utilisés par Popper ne rentrent pas dans les catégories annoncées, ce qui entretient la simplification binaire de l'auteur. Considérons l'exemple type de l'énoncé universel choisi par Popper « tous les corbeaux sont noirs », à moins que nous préférions les cygnes blancs, il n'y a rien en réalité qui nous permettent d'affirmer qu'il s'agisse d'un énoncé universel *stricto sensu* et encore moins d'une loi. C'est bien plutôt une généralisation produite par induction : de l'observation répétée de la couleur noire des corbeaux, nous en induisons la généralisation de la couleur de leur plumage. Cette forme de généralisation est souvent qualifiée d'accidentelle. Il s'agit bien du même type de raisonnement qui a permis l'élaboration du code génétique ou de très nombreuses généralisations biologiques qui expriment plus une conjonction qu'une connexion nécessaire. Des généralisations qui ont des exceptions car nous savons qu'il existe des codons différents comme des corbeaux albinos. L'exemple poppérien est d'autant mal choisi que l'on peut y introduire une interprétation individuelle du statut de l'espèce « corbeau » qui ne peut en aucun cas assimiler l'énoncé poppérien à un énoncé universel. Parallèlement aux énoncés universels assimilables à des lois de portée spatio-temporelle illimitée et aux énoncés existentiels, il existe en science et tout particulièrement en biologie des énoncés de généralisation à visée universelle. Sans prétendre considérer que les choses devraient être ainsi qu'on les observe, ou en termes poppériens, sans prétendre énoncer l'impossibilité absolue de telle ou telle chose, ces énoncés affirment cependant qu'il existe une régularité plus ou moins affirmée, mais dont on peut rendre compte, ce qui leur confère une certaine prédictibilité. Le code génétique n'a pas la prétention d'affirmer une obligation universelle de correspondance entre l'ARNm et les acides aminés, d'affirmer une nécessité que l'on retrouverait obligatoirement dans toute forme de vie (par exemple sur une autre planète), ou d'interdire toute correspondance particulière, mais parce qu'il met en évidence une certaine

⁸⁴⁴ STAMOS David N., « Popper, Laws, and the Exclusion of Biology from Genuine Science », in *Acta biotheoretica*, vol. 55, issue 4, 2007, p. 361.

invariance, il affirme beaucoup plus qu'un simple énoncé d'existence. Il s'ensuit qu'il faudra proposer une réorganisation catégorielle des énoncés poppériens utilisés par les scientifiques, ce qui est en partie l'objet de la prochaine partie (III.C.2).

(2) La spécificité des théories biologiques vis-à-vis de la réfutation. Il est instructif d'observer que bien souvent les biologistes ne savent pas trop comment caractériser les énoncés qu'ils utilisent. Par exemple en cladistique, parallèlement aux problèmes de singularité ou d'universalité de l'arbre phylogénétique, se pose celui de sa nature comme simple hypothèse ou comme théorie. Cette différence qui pourrait nous sembler *a priori* secondaire a pourtant fait couler beaucoup d'encre eu égard aux exigences réclamées par l'épistémologie poppérienne⁸⁴⁵. Par exemple, Pierre Darluc et Pascal Tassy parlent « d'hypothèses phylogénétiques⁸⁴⁶ » alors que Guillaume Lecointre de « théorie des relations de parenté soutenue par des hypothèses de transformations⁸⁴⁷ ». Dans les deux cas est posée la capacité généralisatrice (sans parler d'universalisme) de l'hypothèse ou de la théorie biologique. Le problème du domaine d'applicabilité de la théorie a, par exemple, bien été mis en évidence lors de l'étude de l'adéquation du test de congruence à un test poppérien. Elliott Sober fait remarquer que « si les caractères "réfutent" une hypothèse phylogénétique, cela ne signifie pas que les deux sont logiquement incompatibles⁸⁴⁸ ». En effet un cladogramme porte sur un domaine scientifique limité au double échantillonnage opéré par le chercheur (échantillonnage taxinomique et échantillonnage des caractères), il ne porte pas sur la totalité des données disponibles. L'introduction de nouveaux caractères dans le test de congruence ne

⁸⁴⁵ En résumé, après une première phase où l'intuition a primé, identifiant le cladogramme à une hypothèse, dans un deuxième temps, afin de rechercher sa réfutation potentielle (selon *La Logique*, seuls les énoncés universels pouvaient être falsifiables), le cladogramme a été interprété comme une théorie (Wiley 1975). Cependant la singularité de son contenu posant problème, il a été décidé qu'il s'agissait d'un énoncé existentiel restreint ce qui d'un point de vue poppérien ne posait pas, semble-t-il, de difficultés car ces derniers étaient eux aussi finalement réfutables (voir partie II.C.2 et *infra*). Notez aussi que le cladogramme peut aussi représenter un « arbre de synthèse » et donc avoir un statut différent de l'« arbre des possibles ».

⁸⁴⁶ DARLU Pierre et TASSY Pascal, *La reconstruction phylogénétique, concepts et méthodes*, op. cit. p. 27.

⁸⁴⁷ LECOINTRE Guillaume, "Le statut de la parcimonie" in *Biosystema* 22, 2004, p.7.

⁸⁴⁸ ("If characters "falsify" a phylogenetic hypothesis, this cannot mean that the two are logically incompatible" – je traduis -). SOBER Elliott, *Reconstructing the past*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1988, p. 126. Voir aussi BRYANT H.N. (1989).

peut logiquement réfuter un domaine dans lequel ils ne sont pas initialement compris. En d'autres termes, une hypothèse cladistique donnée n'a de pertinence phylogénétique que pour les données de caractères pour lesquels elle a été émise. On voit combien l'introduction de nouvelles données de caractères sous forme de synapomorphies, qui plus est audacieuses⁸⁴⁹ (comme le conçoit Kluge⁸⁵⁰), ne peut pas représenter un test poppérien. L'origine de ce problème est à mettre en relation avec la nature restreinte de l'univers explicatif de l'arbre phylogénétique dont l'assimilation à une théorie n'est pas commune vis-à-vis des standards universalistes classiques. Cependant, on ne peut nier le rôle théorique fondamental de l'arbre qui « traduit à la fois les degrés relatifs d'apparement des espèces par l'emboîtement de leur attributs, et le déroulement historique le plus cohérent de ces attributs, c'est-à-dire l'ordre relatif de leur acquisition dans le temps⁸⁵¹ ». La théorie, qualifiée significativement de « micro-théorie⁸⁵² » par Guillaume Lecointre, apparaît très limitée dans l'espace (nombre de taxons) et dans le temps (déroulement partiel)⁸⁵³.

⁸⁴⁹ A ce propos, Pierre Deleporte pointe du doigt l'inadéquation d'un test de congruence, construit sur des données audacieuses c'est-à-dire peu probables, qui détourne le scientifique de la connaissance biologique : « [Le] raisonnement [de Kluge] est effectivement une vision très « poppérienne » de la science, mais il soulève de multiples et graves problèmes, et il a des conséquences fâcheuses. (...) On voit ici un clair exemple où une philosophie partiellement erronée peut tendre à entraver le développement d'une discipline, en dissuadant les chercheurs qui en sont imprégnés d'approfondir leur connaissance des processus biologiques ». (DELEPORTE Pierre, « Parcimonie ou maximum de vraisemblance : mieux considérer les postulats pour en finir avec une querelle de sourds » in *Biosystema* 22, *Avenir et pertinence des méthodes d'analyse en phylogénie moléculaire*, 2004, p. 21 et 22).

⁸⁵⁰ Kluge (1989) contre-attaque en introduisant le concept d'« évidence totale » (*Total évidence*) au sens de Carnap, c'est à dire l'exigence d'une analyse simultanée de toutes les données disponibles. Remarquons seulement que si toutes les données disponibles sont utilisées pour élaborer le cladogramme (ce qui est théoriquement possible mais pratiquement difficilement concevable car tous les caractères ne sont pas forcément informatifs), il s'ensuit qu'il est tout simplement impossible de le tester en utilisant de nouveaux caractères.

⁸⁵¹ LECOINTRE Guillaume, «Le statut de la parcimonie» in *Biosystema* 22, 2004, p.9.

⁸⁵² *Ibid.*, p. 11.

⁸⁵³ L'on pourrait légitimement objecter que l'arbre phylogénétique représente plutôt une application de la théorie de l'évolution à un domaine particulier comme pourrait l'être la chute d'un corps vis-à-vis des lois de Newton. Cependant la différence est manifeste quand on prend en compte la diversité des arbres possibles en concurrence pour un jeu donné de caractères, comparativement à la régularité observée en mécanique classique. Chaque arbre proposé est alors une théorie explicative impliquant des hypothèses de transformations précises de caractères. Le rejet d'un arbre donné ne remet donc jamais en cause la théorie de l'évolution (comme pourrait le faire la trajectoire « anormale » d'un corps vis-à-vis des lois de Newton), pour laquelle le principe de sélection naturelle doit être compris, ainsi que l'on montré Charles Darwin et Jean Gayon, comme une hypothèse organisatrice et unificatrice. Un arbre phylogénétique représente finalement un élément théorique limité dans l'espace et le temps d'une plus vaste reconstruction de l'histoire naturelle appelée théorie de l'évolution darwinienne.

Bien sûr les microthéories des relations de parenté exprimées par les arbres phylogénétiques apparaissent comme des formes limitées extrêmes des théories biologiques. Il n'en reste pas moins vrai qu'elles en reflètent, en l'amplifiant, les caractéristiques générales. Les théories biologiques, quel que soit leur domaine, ont en commun, peu ou prou, une extension limitée dans l'espace et le temps⁸⁵⁴, comparativement aux théories physiques. Leur réfutation empirique ne sera donc effective ni dans le cadre d'une loi universelle comme le réclame l'épistémologie de *La logique de la découverte scientifique*, ni en tant qu'énoncés historiques singuliers comme le propose David Hull⁸⁵⁵ parce qu'elles ne sont ni l'un, ni l'autre. Les restrictions temporelles sont évidemment à rapporter au caractère fondamentalement historique de la biologie (voir *infra*), alors que les restrictions spatiales sont à mettre en relation avec les caractères localisés et émergents des théories biologiques. La généralité exprimée par la théorie est toujours bridée par son caractère local. A-t-on réussi à identifier les étapes de l'expression génétique chez les cellules procaryotes sous forme d'enchaînements causaux de l'ADN aux protéines, que ces processus ne sont pas généralisables dans toute leur complexité aux cellules eucaryotes. Puis au sein même de ces dernières, les phénomènes de maturation des ARNpm (comme l'épissage alternatif) même s'ils n'empêchent pas une certaine généralisation, représentent des obstacles à une structuration plus nomothétique de la théorie qui affecte notamment ses capacités prédictives. Contrairement aux sciences physiques, la singularité exprimée des entités biologiques aux différents niveaux d'organisation (supra-spécifique, espèce, population, organisme, système, organe, tissu, cellule, etc.) que l'on peut difficilement assimiler ontologiquement à des classes logiques, leur confère un caractère fondamentalement individuel qui bride la généralisation

⁸⁵⁴ A l'exception possible du principe de sélection naturelle (voir partie II.B.2)

⁸⁵⁵ David Hull identifie les énoncés de la cladistique à des énoncés historiques singuliers. Il introduit une nuance entre réfutabilité et testabilité ; cette dernière caractériserait les énoncés singuliers. Précisons que cette approche n'est pas poppérienne car Popper a défendu, comme nous l'avons vu (partie II.C.2), la réfutabilité des énoncés singuliers. HULL, David L., "The Use and Abuse of Sir Karl Popper" in *Biology and Philosophy* 14, 1999, p. 499.

théorique recherchée par les scientifiques. Les mêmes objets physiques sont interchangeables car on considère généralement qu'ils n'ont ni spécificité, ni histoire propres. Par exemples les électrons s'échangent entre molécules dans une réaction d'oxydoréduction et rien, semble-t-il, ne ressemble plus à un électron qu'un autre électron. Comparativement, les entités biologiques ne sont pas aisément interchangeables comme le montre, par exemple, le rejet de greffes. Georges Canguilhem le souligne lors de son étude du concept d'anomalie : « L'anomalie c'est le fait de variation individuelle qui empêche deux êtres de pouvoir se substituer l'un à l'autre de façon complète⁸⁵⁶ ». Il semble toujours exister une composante anormale spécifique individuelle irréductible. On conçoit ainsi aisément qu'une réfutation effective d'une théorie biologique n'engage pas aussi facilement qu'en physique, même dans le cadre bien compris du falsificationnisme sophistiqué, la validité épistémique de l'*explanans*.

Si le cadre épistémologique construit par Popper peut, restriction faite de l'opérabilité de la réfutabilité, convenir aux philosophes de la physique, force est de constater qu'il apparaît très peu adéquat pour rendre compte de la dynamique épistémologique des sciences du vivant. On ne peut ici que souscrire à l'appel lancé par David Stamos demandant expressément aux « biologistes d'arrêter de citer Karl Popper à propos de ce qu'est une véritable théorie scientifique⁸⁵⁷ ».

3. La réfutation des énoncés biologiques entre loi et histoire

Comme le rappelle Alain Boyer⁸⁵⁸, Popper, à partir des années 1960, passionné par le problème de la science confrontée à la réalité historique, conçoit la science contemporaine

⁸⁵⁶ CANGUILHEM Georges, *Le normal et le pathologique* (1966), Paris, PUF, 2007, p. 85.

⁸⁵⁷ « (...) *biologists (should) stop citing Karl Popper on what genuinely scientific theory is* ». –je traduis–). STAMOS David N., « Popper, Laws, and the Exclusion of Biology from Genuine Science », in *Acta biotheoretica*, vol. 55, issue 4, 2007, p. 357.

⁸⁵⁸ BOYER Alain, « Parménide contre Héraclite » in *Sciences et avenir*, n°146, mars/avril 2006, pp. 54 à 58.

comme un projet néoparménidien conscient du changement apportée par la temporalité. Il est intéressant d'observer par exemple que le problème du réductionnisme, sur lequel il se penche au cours des années 1970, est traité d'un point de vue historique et non pas logique. Dans l'addendum du tome II du *Postscript*, il signale que la réduction de la chimie à la mécanique quantique n'est pas pleinement satisfaisante car « on doit introduire une idée entièrement nouvelle, une idée quelque peu étrangère à la théorie physique : l'idée de l'évolution, de l'histoire de notre univers, ou de la cosmogonie⁸⁵⁹ », notamment parce que « les éléments chimiques les plus lourds ont une histoire évolutionnaire⁸⁶⁰ ». A l'invariance, Popper oppose l'émergence de nouvelles propriétés physiques mais aussi biologiques, liées à la flèche du temps⁸⁶¹. Sans pour autant appeler à un programme antiréductionniste en biologie il souligne la possibilité, comme cela a été le cas en physique, que ces processus émergents amènent par leurs problématiques une plus grande extension ou une révision de la physique.

Cependant le projet poppérien ne comprend pas une révision de ses propres concepts réfutationnistes élaborés dans une opposition dichotomique exclusive entre science théorique et science historique. Dans *Misère de l'historicisme* Popper oppose ces deux sciences : « tandis que les sciences théoriques se préoccupent principalement de découvrir et de tester des lois universelles, les sciences historiques admettent tous les types de lois universelles et se préoccupent exclusivement de découvrir et de tester les énoncés singuliers⁸⁶² ». On retrouve cette opposition dans plusieurs textes de *La connaissance objective* où à la préoccupation du théoricien « de trouver, et de tester, des lois universelles » s'oppose celle de l'historien qui est celle « de trouver des descriptions d'états de choses dans certaines régions spatio-temporelles

⁸⁵⁹ POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique II, L'Univers irrésolu, Plaidoyer pour l'indéterminisme* (1982), Paris, Hermann, 2008, p. 118.

⁸⁶⁰ *Ibid.*, p. 119.

⁸⁶¹ L'importance de la flèche du temps sur l'émergence de systèmes complexes physiques et biologiques, défendue notamment par des auteurs comme Ilya Prigogine et Isabelle Stengers, est un enjeu important de l'épistémologie contemporaine.

⁸⁶² POPPER Karl R., *Misère de l'historicisme* (1956), *op.cit.*, pp. 180,181.

spécifiques délimités, et de tester ou de contrôler leur adéquation ou leur exactitude⁸⁶³ ». N’y aurait-il pas de place pour des théoriciens de sciences historiques ?

Afin d’ancrer ce problème dans le concret, revenons aux leçons de la cladistique. Les limites de l’hypothético-déductivisme en cladistique et par voie de conséquence la validité de l’application du *modus tollens* sont dénoncées notamment par Eliot Sober et Lars Vogt. Selon Sober, aucun des arguments de Hennig (essentiellement le principe dit de Hennig⁸⁶⁴ et le principe de parcimonie) ne permet la déduction d’une relation phylogénétique quelle qu’elle soit. L’argumentation principale est la suivante :

« Il y a toujours une chance, même petite, que des homoplasies puissent se présenter, et il y a toujours une chance, même petite, que des autapomorphies puissent se présenter dans l’intragroupe (*ingroup*). D’où il résulte immédiatement que le lien entre les distributions des caractères et les hypothèses phylogénétiques n’est pas déductif⁸⁶⁵ ».

Le texte ci-dessous de Lars Vogt, qui s’appuie sur les travaux de Sober, complète assez bien le problème de l’impossible réfutation d’un cladogramme par absence de lien déductif :

« Ni [les] connaissances de base comme par exemple "l’ascendance commune", ni aucun arbre hypothétique spécifique n’interdit la survenance d’évolution convergente. Un arbre hypothétique donné est logiquement compatible avec toutes les preuves observables spécifiques d’état de distribution de caractère (...). Comme il n’y a pas de lien déductif entre un arbre hypothétique et d’état de distribution de caractère, il n’existe pas de test empirique direct d’hypothèses de monophylie (i.e. clades) au sens de Popper - on ne peut pas penser à une quelconque observation, qui, dans le cas où elle constituerait un énoncé vrai, permettrait de conclure la fausseté d’un clade ou un cladogramme par le *modus tollens*⁸⁶⁶ ».

⁸⁶³ POPPER Karl R., *La connaissance objective* (1972), trad. de Jean-Jacques Rosat, Champs Flammarion, © Aubier 1991, 1998, p. 517.

⁸⁶⁴ DUPUIS Claude, La “systématique phylogénétique” de W. Hennig in *Cahiers des naturalistes*, vol. 34, 1978, p. 38.

⁸⁶⁵ (“*There is always some chance, however small, that homoplasies may arise ; and ther is always some chance, however small, that autapomorphies may arise in the ingroup. From this it immediately follows that the link between character distributions and phylogenetic hypotheses is not deductive*” – je traduis-). SOBER Eliott, *Reconstructing the past, op.cit.*, p. 118.

⁸⁶⁶ (“*Neither such background knowledge as for instance ‘descent with modification’, nor any specific tree hypothesis prohibits the occurrence of convergent evolution. A given tree hypothesis is logically congruent with any specific observable evidence of character state distribution (...). In other words, a given tree, in combination with decent with modification as background knowledge, does not prohibit any specific character state distribution pattern (Farris, 1983; Sober, 1983). As there is no deductive link between any tree hypothesis and any specific character state distribution there exists no direct empirical test of hypotheses of monophyly (i.e., clades) sensu Popper (Sober, 1988; Rieppel, 2003)—one cannot think of any observation, which, in case it would represent a true statement, would allow to conclude the falsity of a clade or a given cladogram through modus tollens*”. – je traduis-). VOGT Lars, “The unfalsifiability of cladograms and its consequences” in *Cladistics* 24, 2008, pp. 65.

Malgré tous les soins apportés, la méthode cladistique est ainsi faite qu'il n'est pas possible de garantir qu'une éventuelle homoplasie (par exemple une convergence) ne soit présente dans ce que les chercheurs pensent être uniquement des synapomorphies. Il s'ensuit qu'il ne peut exister de lien déductif entre les distributions des caractères et les hypothèses phylogénétiques représentées par le cladogramme. Donc par voie de conséquence, il n'est pas possible de prétendre réfuter un énoncé qui se trouve être compatible avec toutes les données empiriques possibles. La mise en évidence de l'absence de liens déductifs entre la distribution des caractères et les hypothèses phylogénétiques sonne le glas de l'assimilation de la démarche cladistique au raisonnement hypothético-déductif⁸⁶⁷.

Il n'est pas inintéressant de regarder comment les théoriciens de la cladistique vont alors interpréter leur démarche. A partir de l'année 1997, Kirk Fitzhugh étudie les fondements philosophiques de l'inférence phylogénétique et met en évidence que cette dernière est abductive⁸⁶⁸. Rappelons que l'inférence abductive, étudiée au XIXe siècle par Charles S. Peirce (1839-1914), contrairement à la déduction, conduit à un résultat hypothétique (correspondant donc ici à l'arbre phylogénétique). Concrètement l'argument abductif débute par l'observation de certains faits et s'achève dans la supposition d'un principe général qui, s'il était vrai expliquerait pourquoi les faits sont tels qu'ils sont. C'est un raisonnement qui a la forme : « Le fait surprenant C est observé ; Or si A était vrai, C se produirait ; Par conséquent, il y a donc une raison de soupçonner que A est vrai⁸⁶⁹ ». Peirce catégorise aussi ces propositions en « Règle », « Résultat » et « Cas »⁸⁷⁰. La conjonction de la Règle (la

⁸⁶⁷ Noter que Kluge (2009), dans une position qui s'apparente à celle de David Hull, et en s'appuyant sur les travaux de Popper relatifs aux sciences historiques défend la possibilité de réfuter les cladogrammes compris comme des énoncés historiques singuliers.

⁸⁶⁸ Voir bibliographie.

⁸⁶⁹ (*The surprising fact, C, is observed ; But if A were true, C would be a matter of course, Hence, there is reason to suspect that A is true* – je traduis-). PEIRCE Charles S., *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*, Hartshorne, Weiss & Burks eds., Harvard University Press, Cambridge, Vol 5, *Pragmatism and Pramaticism* (1931), 1958, p. 189.

⁸⁷⁰ « L'Hypothèse [première dénomination de l'abduction par Peirce] procède de la Règle et du Résultat au Cas, c'est la formule de l'acquisition de la sensation secondaire - un processus par lequel un enchaînement confus de prédicats est mis en ordre par un prédicat synthétique (« *Hypothesis proceeds from Rule and Result to Case ; it is*

théorie) avec le Résultat (l'effet observé) conduit au Cas (la condition antécédente) : (Règle) si p, alors q ; (Résultat) q a lieu ; (Cas) donc p⁸⁷¹. Guillaume Lecointre l'applique ainsi à la phylogénétique :

« C'est sur la base de l'abduction que, sachant la règle dite de « filiation des êtres vivants avec modification » (« *descent with modification* » de Darwin), lorsqu'on a affaire à un (des) effet(s), par exemple « ce caractère est porté par l'espèce x et par l'espèce y qui ne se croisent pas », on infère ce qui pourrait être les possibles conditions causales ou initiales qui rendraient compte de ce qui a été observé, c'est-à-dire de l'existence d'un ancêtre commun qui a légué ce caractère à x et à y⁸⁷² ».

La construction de l'arbre phylogénétique résulterait donc d'un ensemble d'opérations abductives qui permettent d'inférer l'existence d'ancêtres communs possédant des caractères définis.

Au-delà de l'identification de l'inférence phylogénétique à l'abduction peircienne, il est intéressant d'observer que Guillaume Lecointre met en parallèle ce type de raisonnement avec les caractéristiques foncièrement historiques de sa discipline qu'il range, selon la formule de William Whewell⁸⁷³, dans les sciences palétiologiques. Ces sciences s'opposeraient aux sciences nomologiques par les raisonnements mis en jeu, inductif, abductif et consilience additive pour les premières et inductif et hypothético-déductif pour les secondes⁸⁷⁴. Evidemment les raisonnements indiqués par Guillaume Lecointre s'appliquent en premier lieu à sa discipline⁸⁷⁵, mais il n'en reste pas moins vrai que l'historicité contingente des entités et des séries causales identifiées en biologie se démarquant des objets et des processus causaux nécessaires des sciences physiques classiques, appelle à une réflexion sur

the formula of the acquirement of secondary sensation – a process by which a confused concatenation of predicates is brought into order under a synthesising predicate” – je traduis -). PEIRCE Charles S., *Philosophical writings of Peirce*, Justus Buchler, Dover publications, 1955, p. 198.

⁸⁷¹ Plus formellement, on peut caractériser l'abduction comme un *modus ponens* inverse (ou déduction inverse) : $(p \rightarrow q) \wedge q \not\models p$ (non logiquement valide).

⁸⁷² LECOINTRE Guillaume, « Récit de l'histoire de la vie ou De l'utilisation du récit », (chap. 17) in *Les mondes darwiniens. L'évolution de l'évolution*, Paris, Syllepse, sous la direction de Thomas Heams, Philippe Huneman, Guillaume Lecointre, Marc Silberstein, 2009, pp. 387 et 388.

⁸⁷³ Voir GAYON Jean, « De la biologie comme science historique » in *Actualité de Cournot* sous la direction de Thierry Martin, Paris, Vrin, 2005, p. 89.

⁸⁷⁴ LECOINTRE Guillaume, « Récit de l'histoire de la vie ou De l'utilisation du récit », *op.cit.*, p. 392.

⁸⁷⁵ L'induction, l'abduction et la consilience additive sont respectivement associées à la construction des taxons, l'inférence phylogénétique et la maximisation de la cohérence de la distribution des caractères portés par les taxons. Dans d'autres articles, l'auteur départage différemment les raisonnements ; par exemple la physiologie est parfois caractérisée comme étant une science des processus utilisant la déduction (2004).

les raisonnements réellement mis en œuvre en sciences de la vie. Il n'est pas d'ailleurs impossible que l'abduction puisse être généralisée à l'ensemble de la biologie comme le conçoit Peirce qui place dans les sciences abductives, les sciences expérimentales comme la biologie et la géologie⁸⁷⁶ qu'il appelle des sciences explicatives. Car il faut rappeler que, selon Peirce, la phase abductive n'est pas isolée mais qu'elle fait partie d'une séquence ternaire enchaînant l'abduction, la déduction et l'induction⁸⁷⁷. Si la fonction de l'abduction est de permettre au chercheur d'entamer le chemin menant à la fixation de nouvelles connaissances (Peirce parle de croyances-habitudes), les inférences déductives et inductives assument pour leur part les rôles de justification et de vérification. L'induction peircienne (qui évidemment n'est pas équivalente à l'induction classique établie par Hume) consiste à comparer les prédictions déduites de l'hypothèse avec les faits, ce qui aboutit au rejet ou à l'admission provisoire de l'hypothèse et à son évaluation (en déterminant la proportion de prédictions concordant avec les faits). Les deux dernières phases du triptyque sont donc à rapprocher de la démarche poppérienne comme le remarque Christiane Chauviré, spécialiste de l'épistémologie peircienne⁸⁷⁸. Cependant, comme nous l'avons vu pour les tests d'arbres phylogénétiques, la déduction peircienne produite à partir de l'hypothèse théorique (issue de la démarche abductive non logiquement certaine mais seulement probable), ne pourra, dans l'absolu, être soumise à des tests de réfutation logiquement valides parce qu'on ne sera jamais

⁸⁷⁶ D'autres auteurs comme Norwood R. Hanson soutiennent contre Popper, l'existence d'une logique de la découverte scientifique abductive différente de la logique de justification. Contrairement à « la méthode hypothético-déductive qui reste muette sur les raisonnements qui déterminent le type d'hypothèse dont l'examen éventuel serait le plus fécond » le raisonnement abductif permet à partir d'*explicanda* de formuler un *explicans*. Pour Hanson ce type de raisonnement est effectif dans toutes les sciences empiriques. HANSON Norwood R., "La logique de la découverte" in JACOB Pierre, *De Vienne à Cambridge, l'héritage du positivisme logique*, Paris, tel Gallimard, 1980, pp. 447 à 468.

⁸⁷⁷ PEIRCE Charles S., *Collected Papers of Charles Sanders Peirce, op.cit.*, Vol 7, p. 326.

⁸⁷⁸ « Peirce et Popper reconstruisent à peu près les mêmes procédures : celle d'un schéma hypothético-déductif classique (...). Le schéma peircien des trois étapes de la recherche (abduction, déduction, induction) coïncide assez bien avec le schéma hypothético-déductif de Popper. En particulier tous deux mettent l'accent sur l'étape déductive, qu'ils décrivent de la même façon : il s'agit de déduire d'une hypothèse des prédictions que l'on confrontera ensuite avec les faits ». CHAUVIRÉ Christiane, "Faillibilisme, hasard et logique de la découverte chez Peirce et Popper" in *Karl Popper et la science d'aujourd'hui*, Colloque de Cerisy, Aubier, 1989, p. 139.

sûr que les domaines spatiotemporels de la théorie et des tests se superposent parfaitement. En termes poppériens, il faudrait toujours pouvoir s'assurer que l'ensemble des énoncés interdits par la théorie corresponde parfaitement à notre domaine d'expérimentation ce qui est impossible. *Grosso modo*, la validité des tests de réfutation sera justement fonction de l'extension spatio-temporelle de la théorie biologique c'est-à-dire sa capacité à se rapprocher de l'universalité de la loi exigée dans un test poppérien. On comprend que les tests cladistiques de microthéories soient plus que problématique⁸⁷⁹. A moins de considérer qu'il existe des lois biologiques universelles, il est donc impossible de valider formellement toute réfutation empirique de nature poppérienne dans cette discipline.

Depuis les travaux pionniers de John Jamieson Carswell Smart⁸⁸⁰ l'existence de lois strictement biologiques est sujette à un débat qui reste ouvert. Les « lois biologiques » n'obéissent pas à la même nécessité logique que les lois physiques de portée spatio-temporelle illimitée (voir partie II.B.2). Tout d'abord on remarque qu'elles souffrent souvent d'un grand nombre d'exceptions. C'est, classiquement, le cas des lois de Mendel qui ne sont opérationnelles que dans un cadre génétique limité. Par exemple la seconde loi de disjonction indépendante des couples de caractères, est mise en défaut en cas de liaison génétique. Smart soutient que les lois de Mendel doivent être considérées soit comme empiriquement fausses, soit comme des vérités tautologiques. La loi de Hardy-Weinberg s'applique dans de strictes conditions (population fermée, non soumise à la sélection ni aux mutations, effectifs illimité, panmixie), ce qui ne correspond jamais à une réelle situation donnée ; elle est parfois considérée comme une simple application mathématique⁸⁸¹. Les lois de spéciations allopatriques comme le modèle de l'effet fondateur ou « loi de Mayr » défendue par Michael

⁸⁷⁹ Voir FITZHUGH Kirk, «Les bases philosophiques de l'inférence phylogénétique : une vue d'ensemble», in *Biosystema* 24, 2005, pp. 83 à 106.

⁸⁸⁰ SMART John Jamieson Carswell, *Philosophy and Scientific Realism*, London, Routledge & Kegan Paul, 1963, pp. 50-61.

⁸⁸¹ A l'opposé, loi de Hardy-Weinberg est aussi présentée comme une loi fondamentale d'équilibre permettant de construire une cinétique prédictive de la fréquence alléliques dans une population, et à ce titre elle est « comparable au principe d'inertie de la mécanique rationnelle » (GAYON Jean, *Darwin et l'après-Darwin : une histoire de l'hypothèse de la sélection naturelle*, op.cit., p. 418).

Ghiselin⁸⁸², ne peuvent s'appliquer de façon générale, elles doivent être complétées par d'autres phénomènes comme les spéciations sympatriques et par polyploïdisation (très fréquentes chez les angiospermes). Il n'y a pas à confondre l'application à la biologie des énoncés analytiques mathématiques ou des lois de la physique omniprésentes dans certaines disciplines (biophysique, physiologie, biologie cellulaire, etc.), comme par exemple les lois de diffusion de Fick, avec d'authentiques lois biologiques.

Le second argument est à relier au caractère fondamentalement historique de tout phénomène biologique. Comme le défend John Beatty⁸⁸³, si les lois biologiques existent, elles décrivent les effets contingents de l'évolution. Quelles que soient ces lois, elles sont censées être davantage que seulement vraies de manière contingente ; par conséquent il n'existerait pas de lois proprement biologiques. Rosenberg⁸⁸⁴ rappelle que la sélection naturelle sélectionne uniquement pour une fonction, de sorte que peut survenir une grande variabilité de structure pour une même fonction (multiréalisabilité), ce qui interdirait toute nomicité⁸⁸⁵. Les généralisations distinctement biologiques sont historiquement contingentes et peut-être même les mécanismes de l'évolution qui sont eux-mêmes soumis à l'évolution. Toute régularité causale qui les sous-tend est soit physique ou chimique, donc elle n'est pas distinctement biologique, soit, elle est typiquement biologique et dans ce cas, ce n'est pas une loi.

L'historicité de la biologie pose le problème de la répétabilité des événements biologiques qui apparaissent chacun comme unique car ils s'insèrent dans des chaînes

⁸⁸² GHISELIN Michael, "Individuality, history and laws of nature in biology" in Michael R (ed) *What the philosophy of biology is*, Kluwer, Dordrecht, 1989, pp. 53–66.

⁸⁸³ BEATTY John, "The Evolutionary Contingency Thesis", in G. Wolters and J. Lennox (eds.), *Concepts, Theories, and Rationality in the Biological Sciences: The Second Pittsburgh- Konstanz Colloquium in the Philosophy of Science*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1995, pp. 46-47.

⁸⁸⁴ ROSENBERG Alexander, *Instrumental Biology or the Disunity of Science*. Chicago: University of Chicago Press, 1994, pp. 31, 34 -35.

⁸⁸⁵ Cet argument a été discuté par Lawrence A. Shapiro qui considère que la réalisation multiple ne peut s'appliquer qu'à des propriétés causalement pertinentes et qu'alors il est toujours possible d'identifier des lois de niveau inférieur qui seraient applicables au niveau supérieur. Cependant, dans le cas de la réalisation de la vision, exemple qu'il choisit, les lois en question sont des lois physiques et non spécifiquement biologiques. SHAPIRO Lawrence A, « Multiple realizations » in *Journal of Philosophy*, n° 97, 2000, pp. 635–654;

causales unidirectionnelles. Pourtant l'argument de la diachronie ne semble pas tenir si l'on compare avec la cosmogonie pour laquelle les lois physiques opèrent (mais jusqu'à un certain degré comme nous l'enseigne l'étude des tous premiers moments de l'univers). Cependant, comme l'a remarqué Popper, l'unidirectionnalité de la flèche du temps engendre l'émergence de propriétés et de structures complexes dont l'apparition de la vie sur Terre en représente la première étape (émergence diachronique⁸⁸⁶). On peut alors souligner que chacune de ces nouvelles propriétés multiréalisables, bien qu'obéissant aux lois qui la précède, sera aussi caractérisée par un fonctionnement propre (propriété de *supervenience*). Cette autonomie fonctionnelle relative l'isole progressivement de l'univers de la même façon que les premiers êtres vivants qui, tous en se construisant selon les lois de la physique et de la chimie, ont délimité un domaine fonctionnel propre. L'émergence de la cellule eucaryote au sein d'un monde procaryote, bien que conservant des propriétés communes de l'expression génétique (ADN, ARN_m, protéines) s'accompagne de nouveaux processus de régulation complexes qui brident toute tentative nomologique universelle. Il semble y avoir beaucoup de prétention humaine à considérer les généralisations biologiques à l'instar des lois universelles de la physique quand on songe à leur devenir contingent ; des généralisations toutes susceptibles d'être renversées.

Nous avons aussi signalé l'épineux problème du statut des entités biologiques qui sont difficilement interprétables en termes de classes logiques, mais plutôt en termes d'individus. Les lois semblent irrémédiablement liées aux classes renfermant des objets aux propriétés similaires comme peuvent l'être les particules élémentaires de physique. Or, on ne parle pas de lois pour des entités ayant le statut d'individus. Le caractère fondamentalement unique de toute entité biologique, est lié à une histoire partagée mais aussi qui lui est propre. Par exemple, chaque taxon a son histoire, avec un commencement et une fin, qui est déterminée

⁸⁸⁶ HUNEMAN Philippe, « Vie, vitalisme et émergence : une perspective contemporaine » in *Repenser le vitalisme*, sous la direction de Pascal Nouvel, Paris, PUF, 2011, p. 212.

en partie par l'histoire des taxons précédents et détermine ceux qui le suivront. L'histoire cellulaire et plus particulièrement chromosomique a toute son importance comme l'ont montré le vieillissement prématuré et les anomalies métaboliques des animaux clonés à partir de noyau de cellule somatique, ou les récentes recherches sur l'hérédité épigénétique du diabète de type 2.

« Les lois biologiques » exigent donc un cadre particulier pour être opérationnelles, ce que l'on résume habituellement par l'expression de « clauses *ceteris paribus* à rapprocher aussi de la logique situationnelle de Popper. Derrière cette expression assez absconse, se cachent des interprétations pas toujours univoques. Au sens littéral, « toutes choses étant égales par ailleurs » signifie que l'on exclue de la loi (dans le cas présent) non seulement tout autre facteur que ceux qui la déterminent, mais aussi que l'on ne tient pas compte des phénomènes collatéraux qu'elle produit et qui sont susceptibles d'interagir avec elle. Généralement, l'expression *ceteris paribus* est entendue comme « les conditions standard étant remplies⁸⁸⁷ ». Dans ce cas, on peut objecter que ces clauses *ceteris paribus* sont nécessaires aussi pour les lois physiques et que la difficulté qu'il existerait à les spécifier en termes biologiques est seulement d'ordre épistémique. Si certains philosophes (Sachse 2011) considèrent qu'il existe bien des lois *ceteris paribus* propres à la biologie, notamment en raison de la multiréalisabilité des propriétés biologiques, ils affirment qu'il n'y aurait seulement une différence de degré par rapport aux lois physiques (notamment vis-à-vis du nombre de paramètres à fixer dans les clauses). Seulement, on peut rétorquer que les clauses *ceteris paribus* des « lois de la biologie » nécessitent beaucoup plus que des conditions standard pour se réaliser, et n'adviennent que dans un cadre biologique particulier et délimité, fraction minime de l'espace-temps qui s'oppose à l'univers entier dans lequel évoluent *a priori* toutes les lois physiques. Les systèmes biologiques décrits par les théories biologiques

⁸⁸⁷ SACHSE Christian, *Philosophie de la biologie*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2011, p. 126.

sont enracinés dans la contingence, générée par des phénomènes aléatoires, tels les mutations, les duplications génétiques et la dérive génétique, puis fixés fonctionnellement, et momentanément, par la sélection naturelle, formant, selon la jolie formule de Stephen Jay Gould, des « accidents congelés ».

Il est intéressant d'observer que les formes contemporaines de lois défendues en biologie se trouvent majoritairement être, en dehors de quelques rares cas relevant de domaines très ponctuels⁸⁸⁸, d'une très grande généralité embrassant l'ensemble de l'évolution. Geoffrey West, Jim Brown et Brian Enquist⁸⁸⁹, qui ont étudié les dépenses énergétiques des organismes en fonction de leur masse, défendent la notion de « lois d'échelle » (*scaling laws*). Ils ont mis en évidence une relation mathématique entre la masse et l'intensité du métabolisme d'un organisme : $Y = Y_0 M^{3/4}$ où Y est l'intensité du métabolisme, M, la masse de l'organisme, et Y_0 une constante spécifique d'un type d'organisme. A ce propos Kathryn Brown, a écrit : « Ce groupe [en référence à West, Brown et Enquist] fait quelque chose d'important: il construit une théorie métabolique de la vie⁸⁹⁰ ». Du même ordre, citons aussi « l'hypothèse du taux de croissance » de J.J. Elser et ses collaborateurs⁸⁹¹. Cette hypothèse rend compte des variations de croissance dans les écosystèmes en fonction des rapports carbone / phosphore et azote /phosphore des organismes vivants. A faible C/P et N/P sont associés des taux de croissance élevés expliqués par l'augmentation de la synthèse protéique nécessitant beaucoup de phosphore (constituant des ARNr), facteur limitant. L'objectif est de

⁸⁸⁸ Citons la thèse de Gregory J. Morgan qui soutient que le cœur de la théorie de la structure virale de Caspar-Klug est une loi biologique distincte : la capsid des virus sphériques est formée de 60T sous-unités avec $T = k^2 + hk + h^2$, k et h entiers naturels (MORGAN Gregory J., « Laws of biological design: a reply to John Beatty », *Biol Philos* (2010) 25:379–389). Peut-on vraiment parler de loi biologique de portée spatio-temporelle universelle ? Ne plaque-t-on pas plutôt des propriétés mathématiques élémentaires sur une structure géométrique, sûrement la plus adaptée et résultat de la sélection naturelle, comme on pourrait le faire pour la forme hexagonale des cellules des rayons d'abeilles ?

⁸⁸⁹ WEST, G. B., BROWN J. H., & ENQUIST B. J., 'A General Model for the Origin of Allometric Scaling Models in Biology'. *Science* 276 (1997): 122–26.

⁸⁹⁰ ("This group is doing something important: They're constructing a metabolic theory of life" – je traduis-). BROWN Kathryn, « All fired up: a universal metabolic rate » in *Science* 293, 2001, p. 2191.

⁸⁹¹ De nombreux articles, citons ELSER J. J., 'Biological Stoichiometry: A Chemical Bridge Between Ecosystem Ecology and Evolutionary Biology'. *The American Naturalist*: (2006): S25–35.

construire « un pont chimique » entre l'écologie des écosystèmes et la biologie évolutive. Selon les auteurs, l'organisation des réseaux alimentaires et les processus de sélection naturelle des ADNr sont à mettre en relation avec cette « stœchiométrie biologique ». Ces lois d'échelles qui formalisent des corrélations souvent très anciennes (comme l'intensité du métabolisme et la masse d'un animal) ont la particularité d'être mathématiquement simples, prédictives et d'explication aisée. Ces propriétés expliquent peut-être l'intérêt que leur portent les philosophes de la biologie. Elles reposent de nombreuses questions classiques : sont-elles spécifiquement biologiques ou liées plus généralement à des problèmes physiques (comme ici thermodynamiques) ? Comment justifier les nombreuses exceptions ? Comment interpréter la présence de constantes ? Si elles sont le produit de l'évolution, n'ont-elles pas elles aussi une forte dimension contingente et donc susceptibles d'être renversées ? On peut aussi s'interroger sur leur réelle utilité pour le biologiste car ces lois, bien que l'on puisse les expliquer, ne sont pas explicatives⁸⁹² du point de vue des « causes immédiates ». Il semblerait plutôt que l'on soit en présence de règles plus proche du « bricolage empirique » que de la loi, et dont l'explication revient en dernier ressort aux « causes lointaines » c'est-à-dire à la sélection naturelle. Les « lois d'échelles » semblent illustrer à merveille la fameuse formule de Theodosius Dobzhansky : « Rien en biologie n'a de sens qu'à la lumière de l'évolution ».

Différemment, Daniel McShea et Robert Brandon⁸⁹³ proposent une loi fondamentale pour la biologie stipulant que les niveaux d'organisation ont une tendance sous-jacente à devenir de plus en plus complexes et diversifiés au fil du temps, sous l'effet de processus fondamentalement neutres. Cette loi, qui n'est pas sans rappeler l'échelle des êtres d'Aristote, bien que s'opposant, pour partie, à la thèse d'Alexander Rosenberg (« la théorie de la sélection naturelle est la seule authentique loi de la biologie », voir partie II.B.2) la rejoint dans sa volonté d'expliquer l'ensemble du vivant. Entre des lois de l'évolution et des

⁸⁹² Voir partie III.D.

⁸⁹³ MCSHEA Daniel & BRANDON Robert, *Biology's First Law: The Tendency for Diversity and Complexity to Increase in Evolutionary Systems*, University of Chicago Press, 2010.

bricolages empiriques, il est significatif d'observer que nous n'avons pas de loi de niveau intermédiaire en biologie à l'image de ce que peut fournir la physique, dont l'exemple type pourrait-être la loi des gaz parfaits, $pV = nRT$, qui bien qu'étant de portée illimitée est aussi une loi *ceteris paribus* (car un gaz est dit parfait s'il vérifie un certain nombre de lois : Boyle-Mariotte, Avogadro, Gay-Lussac, Charles, Dalton). Est-ce lié à nos connaissances scientifiques actuelles limitées et *de facto* impropres à rendre compte des phénomènes biologiques émergents ou s'agit-il d'une caractéristique irréductible de la biologie dont l'historicité lui confèrerait un statut épistémologique à part⁸⁹⁴ dans le domaine nomologique ? Sans pouvoir vraiment conclure de façon définitive, il semble que les spécificités des théories biologiques qui forment le cœur de la biologie dite des processus sont réticentes, si ce n'est inaptes, à être rendues sous forme de lois universelles comme l'illustre l'inadéquation du critère de réfutation poppérien à la biologie. Faudrait-il alors se tourner vers une conception plus instrumentaliste de la théorie biologique comme le préconise Rosenberg⁸⁹⁵ ?

La généralité des théories biologiques est donc limitée à la portion particulière de l'espace et du temps dans lesquelles se sont déployées les histoires évolutives des entités biologiques. Pour illustrer ce point, considérons trois types de théories biologiques, respectivement une microthéorie, une mésothéorie et une macrothéorie dont les domaines de fonctionnement diffèrent eu égard à leur expansion spatio-temporelle. Les exemples types pourront être une phylogénie (microthéorie), l'opéron lactose (mésothéorie) et la théorie cellulaire (macrothéorie). La figure 15 représente l'étendue spatio-temporelle du domaine de fonctionnement des trois théories biologiques par rapport à l'univers, lui-même compris dans les quatre dimensions de l'espace-temps, comparativement à celui de la loi où les deux

⁸⁹⁴ Qu'elle partagerait cependant avec les autres sciences dites spéciales.

⁸⁹⁵ « Le but de la théorisation biologique n'est pas, comme en sciences physiques, l'identification de lois naturelles de généralité, de précision et de puissance successives, mais l'affûtage d'outils pour interagir avec la biosphère » (“... the aim of biological theorizing is not, as it is in the physical sciences, the identification of natural laws of successive generality, precision and power, but the sharpening of tools for interacting with the biosphere” – je traduis -). ROSENBERG Alexander, “From Reductionism to Instrumentalism”, in M. Ruse (ed.), *What the Philosophy of Biology Is*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1989, p. 254.

domaines se confondent⁸⁹⁶. La figure 16 les positionne vis-à-vis des énoncés traditionnellement définis par Popper sur « l'axe de l'universalité ».

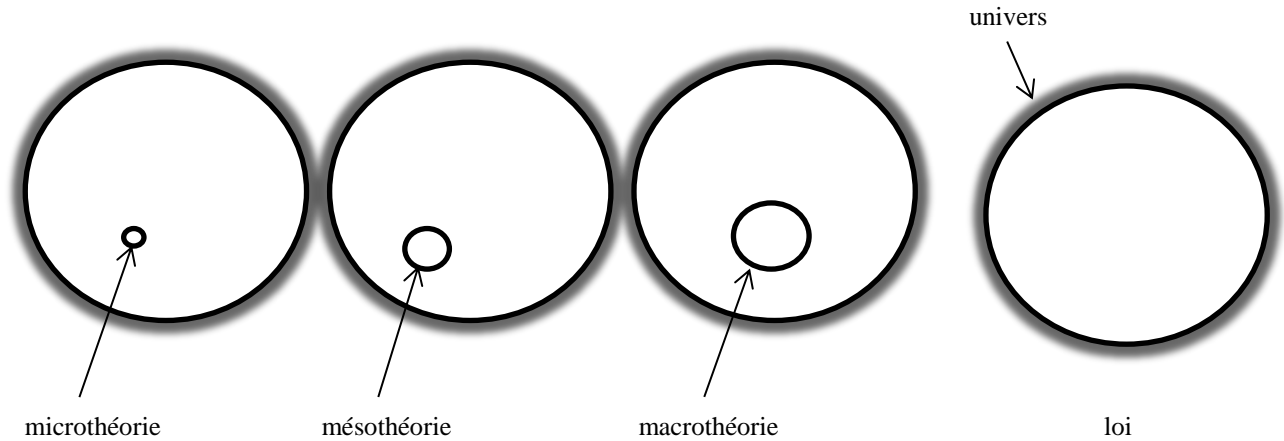


Fig. 15 – Étendue spatio-temporelle du domaine de fonctionnement de trois théories biologiques et de la loi par rapport à l'univers tétradimensionnel.

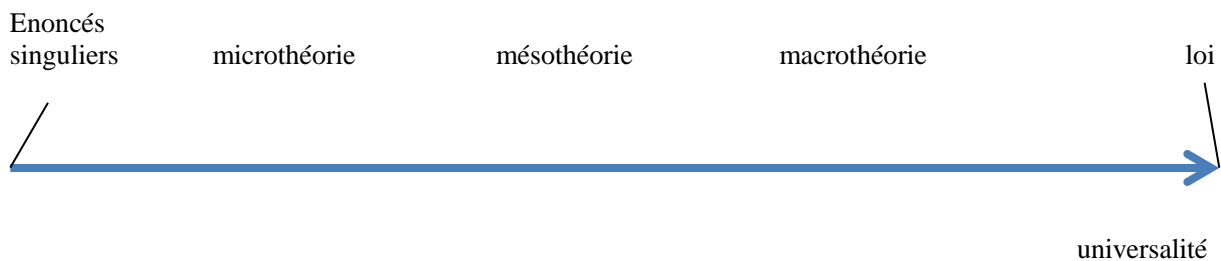


Fig. 16 – Position des énoncés biologiques vis-à-vis de l'universalité

Alors qu'en physique le domaine de fonctionnement de la loi se confond avec celui de l'univers (ou du moins qui vise cela), ce qui permet de mettre en place des tests logiques de réfutation, on remarque (fig. 15) qu'en biologie, il sera difficile de construire des tests de

⁸⁹⁶ Où placer la théorie de l'évolution de Darwin ? Considérée comme un « long et vaste argument », elle a le statut de macrothéorie et ne peut prétendre à l'universalité de par la contingence des entités biologiques qui la constituent. Maintenant, si l'on s'intéresse au principe de sélection naturelle qui en est l'hypothèse explicative, celui-ci, comme le proposent Elliott Sober et Jean Gayon (partie II.B.2), opère comme une sorte de « force résultante » dont le domaine d'opérabilité se confondrait avec celui de la loi (loi conséquence).

réfutation qui soient strictement inclus dans le domaine de fonctionnement de la théorie biologique. Dans le cas contraire, il n'y a pas trop de sens à vouloir utiliser des énoncés falsificateurs extérieurs au domaine à moins d'en vouloir préciser l'étendue.

La figure 16 met bien en évidence l'incomplétude de la classification poppérienne, que nous avons dénoncée précédemment, basée sur la binarité des énoncés, singuliers ou universaux, impropres à rendre compte de la spécificité de la biologie comme science historique. On retrouve ici la particularité des énoncés biologiques situés entre loi (universalité) et histoire (singularité) sachant que les limitations spatiales sont réductibles aux contingences historiques (c'est l'histoire évolutive des êtres vivants qui confère un caractère spatialement limité aux énoncés de la biologie). Une biologie historique qui ne peut être ni réduite à une simple succession d'énoncés singuliers sans porté généralisatrice, ni assimilée à un ensemble de lois universelles valables de tout temps et en tout lieu.

Concernant plus précisément la biologie évolutive, comme le rappelle Mayr⁸⁹⁷, celle-ci s'intéresse à des phénomènes dans une large mesure uniques, tels l'extinction des dinosaures ou l'origine de l'homme, et, à défaut de pouvoir les interpréter, élabore des narrations historiques. Si ces énoncés se rapprochent des énoncés singuliers poppériens (« il a plu à Vienne le 12 mars 1933 »), ils ne sont pas cependant équivalents car ils ont une fonction explicative causale. Mayr indique que « l'objectif le plus important d'une narration historique est de découvrir les facteurs déterminants qui ont contribué à la survenue des événements postérieurs dans une séquence historique⁸⁹⁸ ». Cette position s'oppose à celle de Guillaume Lecointre pour lequel « les récits chronologiques ne constituent pas des outils scientifiques et encore moins un phénomène naturel à découvrir comme le pense Jean Chaline, mais un moyen de communication⁸⁹⁹ ». Nous pensons cependant qu'ils peuvent être assimilés à des

⁸⁹⁷ MAYR Ernst, *Qu'est-ce que la biologie ?* (1997), *op.cit.*, p. 77.

⁸⁹⁸ *Ibid.*, p. 78.

⁸⁹⁹ LECOINTRE Guillaume, « Récit de l'histoire de la vie ou De l'utilisation du récit », *op.cit.*, p. 400.

microthéories si leur contenu est empiriquement testable et mis effectivement à l'épreuve⁹⁰⁰. Mais, étant donné leur proximité avec de simples énoncés singuliers passés et le risque important de biais épistémiques⁹⁰¹ qu'ils encourrent, ils peuvent facilement dévier vers la construction de scénarii pseudoscientifiques.

Si le principe de réfutation empirique, tel que l'a développé Popper, nous semble, en l'état, inapplicable aux énoncés biologiques, pour autant, nous ne concluons pas sur une irréfutabilité des énoncés biologiques. La recherche de réfutations (qu'on ne confondra pas avec le critère de démarcation) peut être mise en œuvre pragmatiquement en biologie, si elle prend en compte ses spécificités. Dans tous les cas il conviendra, pour apprécier de la valeur épistémologique du test, de tenir compte du recouvrement spatiotemporel des domaines d'effectivité de la théorie et des tests ou plus simplement de l'extension spatio-temporelle de la théorie testée comparativement aux théories concurrentes.

Une mention spéciale doit être faite concernant les réfutations statistiques. Du fait de l'importance « de la nature probabiliste de la plupart des idées de la biologie évolutive⁹⁰² » comme le souligne Mayr ou encore Guillaume Lecointre, il est tout à fait opportun de rechercher la réfutation statistique de telles théories biologiques. Le *modus operandi* d'une grande simplicité favorisera sa mise en œuvre (voir partie II.A.4). Anne Fargot-Largeault souligne la signification de l'approche statistique dans le domaine biomédical :

« (...) que les médecins proposent à leurs malades des stratégies thérapeutiques sur la base de preuves d'efficacité « seulement » statistiques, cela ne signifie pas nécessairement que les sciences « bio » sont immatures et qu'elles doivent encore apprendre la rigueur scientifique (...). Cela peut

⁹⁰⁰ C'est le cas par exemple du récit historique suivant : « Au cours du Crétacé moyen, la Provence, qui au Crétacé inférieur était recouverte par une mer peu profonde, est soulevée à la suite de mouvements tectoniques et émerge : c'est la formation du Bombement Durancien ». Si l'on ne peut pas vérifier ce scénario comme on le ferait avec une expérience reproductible, il est possible néanmoins de vérifier indirectement certains faits relatifs à cet évènement, en étudiant par exemple les dépôts sédimentaires des périodes considérées ou de le réfuter si l'on trouve par exemple des ammonites datant de 90.10⁶ ans en Provence.

⁹⁰¹ Guillaume Lecointre identifie 6 biais : récit unique, finalisme anthropocentrique, choix taxonomique anthropocentrique, évolution achevée avec l'homme, sélection subjective des évènements, imprécision du vocabulaire. *Ibid.*, p. 398, 399.

⁹⁰² MAYR Ernst, *Après Darwin, la biologie une science pas comme les autres* (2004), *op.cit.*, p. 27.

signifier que les objets biologiques sont tels qu'ils exigent une approche scientifique individualisée⁹⁰³ ».

Une approche scientifique qui se refuse à interpréter les objets biologiques comme des classes logiques, nécessite la mise en place de tests de réfutation qui ne peuvent obéir à l'épistémologie nomologique développée par Popper. Dans ce cas, les tests statistiques seront les seuls susceptibles de rendre compte d'une certaine régularité théorique tout en tenant compte de la spécificité individuelle des entités biologiques.

D. A la recherche d'un critère de scientificité

1. Bilan de l'étude

A l'issue de notre étude critique, un bilan concernant la réfutabilité et la réfutation empirique comme critères de démarcation ainsi que la prédictibilité et la scientificité des énoncés, peut être dressé :

- La réfutabilité logique, opérant dans la potentialité, n'est en aucun cas discriminante ; elle ne peut être un critère de démarcation entre science et non-science. Il n'existe pas de logique potentielle.
- La réfutabilité technique peut éventuellement éliminer du champ de la science certains énoncés universels.
- La résistance d'une théorie à la réfutation ne peut être considérée comme un indicateur de scientificité, elle doit être interprétée comme une erreur de prédiction falsifiante. Une résistance théorique à la réfutation est une réfutation ratée.
- Relativement à la méthode poppérienne de démarcation entre science et non-science, seules les théories dument réfutées accèdent à la scientificité : « *solum de mortuis* ».

⁹⁰³ FAGOT-LARGEAULT Anne, « L'ordre vivant » in *Philosophie des sciences*, Gallimard, folio essais, 2002, p. 549.

- La corroboration doit être comprise comme une vérification sophistiquée, elle peut éventuellement être considérée comme un indice de vérité mais n'est cependant pas logiquement valide. La corroboration est de nature inductive.
- Les théories réfutées empiriquement doivent être considérées comme fausses dans le cadre du falsificationnisme dogmatique. La réfutation est interprétée comme une anomalie dans le cadre du falsificationnisme sophistiqué et donc comme un indice de fausseté.
- Les théories biologiques n'étant pas des lois de portée universelle, elles fonctionnent dans des domaines limités de l'espace-temps.
- La réfutation des théories biologiques doit prendre en compte leur domaine d'opérabilité et l'individualité des entités mises en jeu.
- Toute prédiction n'est pas scientifique : « prédire n'est pas expliquer ».
- L'activité scientifique construit sa méthodologie sur un certain nombre de types prédictifs. Certains sont spécifiquement scientifiques (**Pe**, **P_{D-N}**, **Ps_t**), d'autres sont partagés avec les domaines pseudo-scientifiques et « métaphysiques » (**Pie**, **Pic**, **Pis_c**).

Bien que quelques points apparaissent plutôt « constructifs », on observe que notre étude a été globalement une entreprise de déconstruction. Cette déconstruction du critère de démarcation poppérien laisse la voie à deux solutions : soit l'on abandonne toute idée de critère de scientificité, soit l'on propose un autre critère.

2. Critère de démarcation : controverses et perspectives

Dans un article fondateur intitulé « La fin du problème de la démarcation⁹⁰⁴ », Larry Laudan, constatant les échecs répétés des critères historiques permettant la démarcation entre science et non-science, préconise purement et simplement l'abandon de ce sujet de recherche

⁹⁰⁴ LAUDAN Larry, "The Demise of the Demarcation problem", in R.S. Cohen and L. Laudan, eds., *Physics, Philosophy, and Psychoanalysis* (Dordrecht : Reidel, 1983), repris dans RUSE Michael, PENNOCK Robert T., *But is it Science ?* New York, Updated edition, Prometheus Books, 2009, p. 312 à 330.

philosophique. Il n'existerait pas d'« invariants épistémiques⁹⁰⁵ » communs à toutes les sciences permettant de les caractériser spécifiquement⁹⁰⁶ : le problème de la démarcation serait un faux problème. Prenant le cas de l'exigence de testabilité (*well-testedness*), Laudan fait remarquer qu'il existe des connaissances non scientifiques mieux testées (théorie littéraire, menuiserie, stratégie footballistique) que certaines conjectures scientifiques qui sont éminemment très spéculatives.

« Il y a de bonnes raisons, étant donné les données historiques, de supposer que la plupart des théories scientifiques sont fausses ; dans ces circonstances, comment la thèse, selon laquelle la science est le dépositaire de toutes et seulement toutes les théories fiables ou bien confirmées, peut-elle être plausible ?⁹⁰⁷ ».

Il pose la question de savoir si un scientifique cesse de faire de la science quand il discute d'une conjecture non testée, alors que nombre d'affirmations banales quotidiennes sont beaucoup plus étayées par des preuves que la majorité des hypothèses dites scientifiques⁹⁰⁸. Il fait aussi remarquer que le progrès cognitif n'est pas propre aux sciences, et y est souvent moins développé que dans de nombreuses disciplines, comme la critique littéraire, la stratégie militaire ou la philosophie.

Laudan rejette donc la démarcation entre science et non-science pour mettre en exergue une fracture beaucoup plus importante entre fiabilité de la connaissance et absence de

⁹⁰⁵ *Ibid.*, p. 327.

⁹⁰⁶ « *L'hétérogénéité épistémique évidente des activités et des croyances habituellement considérées comme scientifiques devrait nous alerter sur la probable futilité de chercher une version épistémique d'un critère de démarcation* » (« *The evident epistemic heterogeneity of the activities and beliefs customarily regarded as scientific should alert us to the probable futility of seeking an epistemic version of a demarcation criterion* » – je traduis -). *Ibid.*

⁹⁰⁷ (« *There seems good reason, given from the historical record, to suppose that most scientific theories are false ; under the circumstances, how plausible can be the claim that science is the repository of all and only reliable or well-confirmed theories ?* » – je traduis -). *Ibid.*, p. 325.

⁹⁰⁸ (« *When a scientist presents a conjecture that has not yet been tested and is such that we are not yet sure what would count as a robust test of it, has that scientist ceasing doing science when he discusses his conjecture ? On the other side of the divide, is anyone prepared to say that we have no convincing evidence for such "nonscientific" claims as that "Bacon did not write the plays attributed to Shakespeare", that "a miter joint is stronger than a flush joint", or that "offside kicks are not usually fumbled"? Indeed, are we not entitled to say that all these claims are much better supported by the evidence that many of the "scientific" assumptions of (say) cosmology or psychology?* »). *Ibid.*

fiabilité. Il existe des énoncés scientifiques peu fiables, « hautement spéculatifs »⁹⁰⁹, alors que nombre de connaissances non scientifiques sont très fiables.

L'épistémologie du début du XXème siècle avait intégré le faillibilisme scientifique dans ses thèses mais n'en avait pas tiré les conséquences relatives à la légitimité scientifique au regard des autres pratiques. Laudan les souligne, mais ne discute pas cette notion de fiabilité qu'il pose comme un objectif ultime. La fiabilité, oui, mais pour quoi faire ? Pour quelles raisons devrions-nous privilégier la fiabilité ? La fiabilité de la stratégie footballistique plutôt que celle de la cosmologie quantique ? Celle de la menuiserie plutôt que celle de la génomique ? La réponse tombe sous le sens : la fiabilité n'a qu'un seul prolongement, l'action. Nous voulons des informations fiables pour nous engager dans l'action. Chacun de nous a été un jour confronté à la pose délicate d'une applique murale encombrante ; deux options s'offrent à nous pour localiser les trous à forer, celle de l'utilisation d'un gabarit de perçage, ou celle consistant à relever les cotes puis à les reporter, ce qui nécessite généralement quelques calculs algébriques élémentaires. D'un point de vue théorique, la seconde option offre toutes les garanties nécessaires, pourtant celui qui a expérimenté les deux méthodes, s'est vite rendu compte de la fiabilité de la première contrairement à la seconde. Le gabarit de perçage est l'analogie d'un savoir fiable qui n'exige aucune *épistémè* contrairement au report de cotes qui s'appuie sur une science élémentaire. La science peut engager l'action mais n'est pas ontologiquement orientée vers l'action. La stratégie footballistique est peut-être plus fiable que la cosmologie quantique (ce qui reste encore à démontrer), parce qu'elle est guidée par l'action, par l'efficacité qu'elle apporte à la victoire de l'équipe. A l'opposée, la science empirique est ontologiquement orientée vers la compréhension⁹¹⁰ des phénomènes, saisie conjointe (du latin *comprehensio* < *cum-*

⁹⁰⁹ ("Many, perhaps most, parts of science are highly speculative compared with many nonscientific disciplines"). *Ibid.*, p. 326.

⁹¹⁰ Pour Aristote la compréhension, qui s'oppose à l'extension qui exemplifie, est la saisie des caractères du concept.

prehendere) du donné empirique et d'une hypothèse explicative (relative à un problème) à visée universelle ou généralisatrice, ce qui l'amène souvent à être « hautement spéculative ». Privilégier la fiabilité est un choix, c'est celui de la *tekhnê*, mais ce n'est pas celui de l'homme engagé dans la compréhension de l'univers. Tourné vers la fiabilité, Laudan en oublie le propre même de l'activité scientifique où l'hypothèse fonctionne comme la « synthèse⁹¹¹ » d'une « raison expérimentée⁹¹² ».

Cet objectif de compréhension est la trame essentielle qui permet justement d'identifier « quand est-ce qu'un scientifique cesse de faire de la science ?⁹¹³ ». Un scientifique cesse de faire de la science empirique quand justement il n'effectue pas cette *comprehensio*. Pratiquement, on peut citer quelques situations caractéristiques.

(i) Quand un scientifique prédit tel un mystique « demain sera la fin du monde » (énoncé existentiel futur isolé), par l'absence de regard porté vers toutes données empiriques et toute théorie, il est à l'opposé même de l'activité scientifique.

(ii) Quand il émet des énoncés existentiels stricts, « il existe une influence de la planète Mars sur la naissance des sportifs », ou des énoncés singuliers, « il y a un chien dans la rue », en dehors de toute spéculation théorique, il n'effectue pas la *comprehensio*. Donc « quand il discute d'une conjecture non testée⁹¹⁴ » il fait bien de la science si cette conjecture est en relation avec une problématique soulevée par l'équipe de recherche et des faits empiriques observés.

(iii) Quand il manipule au hasard, comme un élève qui mélange le contenu de tubes à essais dans le seul but de se divertir, il n'est pas dans la compréhension d'un phénomène.

⁹¹¹ « Désormais l'hypothèse est synthèse ». BACHELARD Gaston, *Le nouvel esprit scientifique* (1934), Paris, Vrin, 2003, p.10.

⁹¹² *Ibid.*, p. 9.

⁹¹³ LAUDAN Larry, "The Demise of the Demarcation problem", *op.cit.*, p. 325.

⁹¹⁴ *Ibid.*

(iv) Quand il effectue un geste technique qui n'engage aucune démarche théorique d'investigation⁹¹⁵, il ne fait pas de la science.

(v) Quand il refuse les conséquences d'une réfutation empirique, il s'interdit de saisir conjointement le donné et les hypothèses explicatives. Les données empiriques sont ignorées au profit de la théorie.

Les exemples proposés pourront sembler caricaturaux, il n'en reste pas moins que nous sommes capables d'identifier des situations typiquement étrangères à la science (et non pas étrangères aux scientifiques, lesquels ne sont pas toujours engagés dans une démarche proprement scientifique) et qu'il existerait donc bien des invariants non épistémiques. Mais dira-t-on, le stratège de football, pour reprendre l'exemple de Laudan, ne cherche-t-il pas lui aussi à comprendre, n'effectue-t-il pas lui aussi une saisie conjointe du donné empirique, comme le placement des joueurs et du ballon à un moment t du match, et d'une hypothèse explicative stratégique ? Contrairement à Laudan qui classe, *a priori*, la stratégie footballistique en dehors de la science⁹¹⁶, nous soutenons, au contraire qu'il peut exister une science de la stratégie footballistique comme il peut exister une science de la menuiserie⁹¹⁷. Laudan fait remarquer qu'un assemblage à coupe d'onglet (mortaise etc.) est plus solide qu'un assemblage par simple contact (joint affleuré) ; c'est un savoir en effet très fiable. Mais il y a une grande différence entre cette connaissance technique qui s'appuie sur l'observation empirique et ce que nous appellerons la science de la menuiserie qui s'engage dans une compréhension synthétique des mécanismes physiques (surface de contact, répartition des forces, etc.), chimiques (propriétés des colles, etc.) et biologiques (organisation et composition des fibres du bois, etc.) explicatifs de ce savoir technique. C'est l'élaboration

⁹¹⁵ Ce point est éminemment délicat et nécessiterait un approfondissement adéquat. Nous pensons par exemple à l'utilisation d'un appareil d'optique tel un microscope. Il n'y a pas à confondre la dimension théorique liée à l'instrument (« Nos instruments ne sont que des théories matérialisées » -BACHELARD Gaston, 1934, p. 16-) et celle associée à sa pure manipulation qui n'engage pas forcément une *comprehensio*.

⁹¹⁶ Il semble que sur ce point Laudan ignore les sciences humaines et ne considère comme proprement scientifiques, uniquement les sciences naturelles.

⁹¹⁷ C'est un autre problème de savoir si ces sciences existent actuellement.

d'une connaissance théorique du travail du bois qui fait basculer la menuiserie comme *tekhnê* dans la menuiserie comme *épistémè*⁹¹⁸. Pour autant la seconde ne sera peut-être pas plus fiable du point de vue de l'action que la première, jusqu'au jour où une nouvelle colle polymère permettra de passer d'un « collage de positionnement » à un « collage structural ».

Suite à l'échec du critère de démarcation poppérien, un certain nombre de philosophes ont proposé un critère de scientificité, notamment aux Etats-Unis d'Amérique sous l'impulsion donnée par le créationnisme et son dernier avatar, le dessein intelligent⁹¹⁹ (*intelligent design* ou ID). En effet, de la même façon que les défenseurs du créationnisme se sont appuyés sur les travaux de Popper, les adeptes du dessein intelligent citent Laudan pour dénoncer les prétentions philosophiques d'un critère de démarcation susceptible de rejeter leur théorie comme non scientifique⁹²⁰. S'il n'est pas du ressort de la présente thèse de discuter par le menu l'intérêt et la validité des critères de démarcation avancés, on peut cependant en dresser un portrait rapide. Quatre directions de recherche ont été suivies.

(1) Une première direction conserve, en l'amendant plus ou moins fortement, un fondement poppérien. Elliott Sober souligne l'importance des contraintes logiques, techniques et des disparitions éventuelles de preuves (par exemple lorsque l'on étudie des espèces éteintes comme les dinosaures) lors de la testabilité des théories⁹²¹. De plus il précise l'importance des propositions auxiliaires attestées indépendamment qui permettent aux théories de faire des prédictions en vue de comparer des théories en concurrence, une démarche qui est absente dans la thèse du dessein intelligent⁹²². Pour Joseph Agassi et Nataniel Laor c'est la répétabilité qui caractérise l'activité scientifique, l'ignorer conduit

⁹¹⁸ Voir aussi le paragraphe relatif à l'opposition *tekhnê* et *épistémè* de la section I.B.4.

⁹¹⁹ La thèse du dessein intelligent affirme que « certaines observations de l'univers et du monde du vivant sont mieux expliquées par une cause intelligente que par des processus non dirigés tels que la sélection naturelle », Site de *Discovery Institute*, <http://www.discovery.org/csc/topQuestions.php#questionsAboutIntelligentDesign>.

⁹²⁰ Par exemple lors du procès de 2005 *Tammy Kitzmiller, et al. vs Dover Area School District, et al.*

⁹²¹ SOBER Elliott, "Testability" in *Proceedings and Addresses of The American Philosophical Association*, **73**, 47-76, 1999.

⁹²² SOBER Elliott, "What is Wrong with Intelligent Design?" in *Quarterly Review of Biology*, vol. 82, n°1, Copyright © 2007 by The University of Chicago, 2007.

purement et simplement à la magie⁹²³. Franck Cioffi met en avant la réfutabilité comme caractère essentiel de toute « attitude scientifique ». Les scientifiques authentiques se distinguent par le fait qu'ils sont prêts à tester leurs théories, alors que les pseudo-scientifiques ne sont pas disposés à en risquer la réfutation⁹²⁴. C'est aussi l'avis de Peter Godfrey-Smith qui insiste sur cette « manière de manipuler les idées » (*ways of handling ideas*) propre aux scientifiques⁹²⁵.

(2) Une deuxième direction de recherche s'appuie sur la théorie de la confirmation développée par Carnap. Une approche contemporaine bayésienne se veut étroitement liée au falsificationnisme⁹²⁶ et s'oppose aux formes classiques d'inductivisme. Elle est suivie notamment par Grover Maxwell⁹²⁷, Ian Hacking⁹²⁸ et Jon Dorling⁹²⁹.

(3) Une troisième direction de recherche consiste à identifier ce qui caractérise l'activité pseudoscientifique dans sa prétention à être scientifique. Signalons tout particulièrement l'influent critère de Paul R. Thagard, un critère qui tient compte des aspects historiques mais aussi de l'attitude des praticiens :

« Une théorie ou une discipline qui tend à être scientifique est pseudo-scientifique si et seulement si :

1) Elle a été moins progressiste que les théories alternatives sur une longue période de temps, et fait face à de nombreux problèmes non résolus, et

⁹²³ AGASSI Joseph & LAOR, Nataniel, "How ignoring repeatability leads to magic" in *Philosophy of Social Sciences*, 30(4), 528-586, 2000.

⁹²⁴ CIOFFI Franck, "Freud and the Idea of a Pseudo-Science" in Cioffi, F and Berger, R (ed), *Explanation in the Behavioural Sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, 1970, 471-473. Voir aussi CIOFFI Franck, « La psychanalyse est-elle une science ? », *op.cit.*, 2005.

⁹²⁵ GODFREY-SMITH Peter, *Theory and Reality: An Introduction to the Philosophy of Science*, Chicago, The University of Chicago Press, 2003, p. 71.

⁹²⁶ Jon Dorling affirme notamment : "The hypotheses which falsificationists recommend, are equally recommendable on Bayesian probabilist grounds. There is no conflict between the falsificationist epistemic values of pure science, and the probabilist utilitarian values of applied science"⁹²⁶. DORLING Jon, « Bayesian Personalism, Falsificationism, and the Problem of Induction" in *Proceedings of the Aristotelian Society*, Supplementary Volumes, Vol. 55, 1981, p.121.

⁹²⁷ MAXWELL Grover, "Induction and Empiricism: A Bayesian-Frequentist Alternative" in *Induction, Probability and Confirmation*, University of Minnesota, 1975.

⁹²⁸ HACKING Ian, *An Introduction to Probability and Inductive Logic*, New York, Cambridge University Press, 2001, p. 256 à 260.

⁹²⁹ DORLING Jon, « Bayesian Personalism, Falsificationism, and the Problem of Induction" in *Proceedings of the Aristotelian Society*, Supplementary Volumes, Vol. 55, 1981, pp.109-125.

2) La communauté des praticiens fait peu d'efforts pour développer la théorie permettant la solution des problèmes, ne montre aucun intérêt pour les tentatives d'évaluation de la théorie par rapport aux autres, et est sélective dans l'examen des confirmations et des réfutations⁹³⁰ ».

De son côté, Anthony Derksen dénonce précisément « les sept péchés de la pseudoscience » : L'empiriste humble, l'autocritique sévère, le moi impartial, l'exemple frappant mais non pertinent, la preuve donnée par ailleurs, le compromis favorable et l'affichage de la sophistication méthodologique⁹³¹.

(4) La quatrième direction se veut pragmatique. David Resnik prône une adaptabilité du critère à nos objectifs sociaux et politiques. En pratique, le critère doit éliminer les erreurs ayant des conséquences fâcheuses dans les domaines sociaux tels que l'éducation, la médecine ou la justice⁹³². Nous plaçons ici aussi le critère de Robert Pennock⁹³³ qui le qualifie de pragmatique bien qu'il soit plutôt très général. Il défend un « naturalisme méthodologique⁹³⁴ » qui consiste en un engagement méthodologique tacitement partagé, reposant sur la testabilité des constructions rationnelles des scientifiques, c'est-à-dire un engagement qui reconnaît l'autorité des preuves empiriques.

Il existe donc une grande disparité de direction de recherche, ce qui met bien évidence les difficultés rencontrées dans la construction d'un critère efficient. Le résultat d'une enquête⁹³⁵ (en 1997) menée auprès de 176 membres de la *Philosophy of Science Association* des Etats-Unis illustre cette affirmation. Environ 89% des personnes interrogées ont considéré

⁹³⁰ "A theory or discipline which purports to be scientific is pseudoscientific if and only if :1) it has been less progressive than alternative theories over a long period of time, and faces many unsolved problems ; but 2) the community of practitioners makes little attempt to develop the theory towards solutions of the problems, shows no concern for attempts to evaluate the theory in relation to others, and is selective in considering confirmations and disconfirmations" – je traduis -). THAGARD Paul R., *Why Astrology Is A Pseudoscience*, In *PSA 1978* Volume 1, edited by P.D. Asquith and I. Hacking (East Lansing: Philosophy of Science Association, 1978).

⁹³¹ DERKSEN Anthony A. "The Seven Sins of Pseudo-Science", *Journal for General Philosophy of Science*, **24**, 17-42, 1993.

⁹³² RESNIK David B., "A pragmatic approach to the demarcation problem" in *Studies in History and Philosophy of Science*, **31**(2), 249–267, 2000.

⁹³³ Robert Pennock est intervenu dans l'affaire *Kitzmiller vs Dover Area School District* (2005), en tant qu'expert judiciaire.

⁹³⁴ PENNOCK Robert T., "Can't Philosophers tell the Difference between Science and Religion ? Demarcation Revisited" in RUSE Michael, PENNOCK Robert T., *But is it Science ?* New York, Updated edition, Prometheus Books, 2009, p. 536 à 577.

⁹³⁵ ALTERS, Brian J., "Whose nature of science?" in *Journal of Research in Science Teaching*, **34**, 39–55, 1997.

qu'il n'existait aucun consensus concernant un critère de démarcation entre science et non science.

3. Un critère de scientificité

Plutôt que de conclure sur le seul échec relatif de Popper, et alors que le problème de la démarcation a traversé notre réflexion pendant ces années de recherche, il nous a semblé constructif et intéressant de proposer un critère de scientificité, sorte de bilan personnel de thèse. Le critère proposé, forcément perfectible, n'a pas la prétention de recouvrir tous les travaux antérieurs sur le sujet, il s'agit d'un critère épistémologique qui ne prend pas en compte les autres approches, notamment sociales, institutionnelles, métaphysiques ou psychologiques (« épistémologie des vertus »).

Prenant acte de l'échec d'un critère élaboré sur la seule structure d'un système théorique, notre critère de scientificité est centré autour de la notion d'attitude, de manière d'être et de projet. Cette approche peut surprendre dans une thèse portant sur les travaux de Popper. Héritier de l'universalité du cogito cartésien ou des catégories transcendantales kantienne, qui opposent le sujet et l'objet, Popper identifie une « connaissance objective » qui s'affranchit de l'homme⁹³⁶. Bien que les théories apparaissent dans un monde physique et sont produites par des esprits subjectifs, elles n'en demeurent pas moins, pour Popper, indépendantes et échappent aux sujets qui les ont créées : « La connaissance au sens objectif est *une connaissance sans connaisseur* : c'est *une connaissance sans sujet connaissant*⁹³⁷ » (le monde 3). L'échec de la réfutabilité ainsi que des autres critères uniquement logiques comme *criterium universalis* de science nous semble être un aveu de la limite de la science sans sujet connaissant. Contrairement à l'affirmation de Popper⁹³⁸, une science sans

⁹³⁶ Voir partie I.B.3.

⁹³⁷ *Ibid.* p. 185.

⁹³⁸ Dans « Une épistémologie sans sujet connaissant » Popper propose deux expériences de pensée. Une première où toutes les machines et outils auraient disparus sauf les bibliothèques et une seconde où ces dernières sont également détruites. La première expérience met en lumière, selon Popper, l'autonomie du troisième monde

scientifiques, uniquement présente dans les livres des bibliothèques (ou des supports numériques...) est une science morte. Les publications scientifiques, les manuels scientifiques, et même les cours de sciences sont simplement des produits de l'activité scientifique, mais ne sont pas, à proprement parler, de la science. Ils récapitulent des connaissances et des méthodes comme pourraient le faire un manuel de menuiserie, de football américain ou de radiesthésie. Bien que l'on y trouve certains caractères scientifiques communs, il n'y a rien qui puisse, de façon univoque, les définir comme scientifiques. *La science accompagne le sujet connaissant, elle est toujours en situation.* Si la science accompagne le sujet connaissant, elle se trouve traversée par une subjectivité présente à chaque étape de l'élaboration du savoir et c'est par cette subjectivité qu'elle se construit. L'échec d'une logique de la découverte objective, c'est d'abord l'échec d'une science désincarnée qui place l'essence de la connaissance avant celle de l'existence de toute subjectivité. Nous défendons une conception plus existentialiste qu'essentialiste de la science. Non seulement au sens où c'est l'existence de l'activité scientifique qui sera la première marque de la science, mais aussi au sens sartrien où cette existence précède l'essence de la science. La science n'est pas une connaissance essentielle qui préexisterait à l'activité du chercheur et qu'il lui faudrait atteindre, mais bien plus l'existence d'une façon d'être dans le monde, et de s'interroger sur le monde. Et si ce que produit le chercheur a quelque chose d'essentiel, sa marque scientifique sera dans la façon plutôt que le résultat.

Si l'existence de la science précède son essence, il semble illusoire de poser *a priori* un critère de scientificité valable de tout temps et en tout lieu. Si nous avons à juger de la scientificité de travaux du XVIIe ou du XVIIIe siècle transposés au XXIe, parlerions-nous toujours de science ? On ne discute plus de la valeur scientifique des travaux d'Isaac Newton,

permettant une renaissance de notre civilisation, contrairement au second cas. Il ne faudrait cependant pas oublier que sans sujet pensant, mais aussi connaissant, aucune renaissance à partir du savoir des bibliothèques n'est envisageable. La connaissance de « l'intrication quantique », par exemple, ne pourrait exister en absence de spécialistes de ce domaine de la mécanique quantique ; les seuls à même de véritablement le comprendre. Et il en va ainsi de tous les domaines de la science.

présentés comme emblématique de toute science empirique. Pourtant il n'est pas certain que l'activité du célèbre physicien et mathématicien serait, transposée aujourd'hui, comprise comme scientifique. Déjà ses contemporains cartésiens fustigeaient en physique ces forces occultes responsables de l'attraction gravitationnelle qui permettaient d'agir à distance ou qui intervenaient dans les « transmutations » chimiques. La communauté scientifique contemporaine se satisferait-elle d'un « *hypotheses non fingo* », Newton gagnerait-il la lutte entre physiciens rivaux en pratiquant quotidiennement l'alchimie ? On ne discute pas davantage de la scientificité des travaux de Carl Von Linné, qui en élaborant une nomenclature binomiale dite aussi scientifique, est considéré comme le père de la taxinomie moderne. Une scientificité qui était pourtant contestée par certains naturalistes du XVIIIe tel Buffon qui considérait qu'

« on ne doit [...] pas regarder les méthodes que les Auteurs nous ont données sur l'Histoire Naturelle en général, ou sur quelques-unes de ses parties, comme les fondements de la science, & on ne doit s'en servir que comme des signes dont on est convenu pour s'entendre. [...] Chacune de ces méthodes n'est, à parler vrai, qu'un Dictionnaire où l'on trouve les noms rangez dans un ordre relatif à une idée, & par conséquent aussi arbitraire que l'ordre alphabétique⁹³⁹ ».

Au-delà de l'aspect apparemment arbitraire de la classification linnéenne⁹⁴⁰, Buffon met en avant le côté propédeutique de telles entreprises, comprises comme des « échafaudages pour arriver à la science elle-même⁹⁴¹ ». On retient généralement de la démarche de Linné sa volonté généralisatrice si ce n'est universaliste de classer et nommer rigoureusement les êtres vivants. Mais une telle démarche axée sur le seul aspect classificatoire, aussi minutieuse soit-elle, et justifiée par l'objectif de retrouver le plan caché de la Création (« *Deus creavit, Linnaeus disposuit* »), transposée aujourd'hui, relèverait-elle de l'activité scientifique alors que le recours explicatif aux causes divines est une marque importante de certaines pratiques pseudoscientifiques tel le dessein intelligent ? Car pour Linné les règles qu'il adopte sont

⁹³⁹ BUFFON Georges-Louis Leclerc de, *De la manière d'étudier & de traiter l'Histoire Naturelle* (1749), Paris, Société des amis de la Bibliothèque nationale, réédition de 1988, pp.31-32, cité par Pascal Duris & Gabriel Gohau, *Histoire des sciences de la vie* (1997), Paris, Belin, 2011, p.28.

⁹⁴⁰ Apparemment, car la classification botanique de Linné repose sur une étude minutieuse de l'organisation sexuelle de la fleur (« système sexuel »), d'ailleurs toujours utilisée de nos jours.

⁹⁴¹ *Ibid.*

d'essence divine et « la nature est contrainte à se conformer à des règles établies *a priori*⁹⁴² ». La taxinomie existe toujours, mais ses explications ne sont plus à rechercher du côté de la divinité mais plutôt de la génétique, de la biosystématique et de l'évolution.

Nous ne doutons pas que Newton ou Linné aient été de grands scientifiques, comme l'a pu être, à sa façon, Aristote. La science n'a plus comme objectif de trouver les « lois de la nature » immuables, elle ne se satisfait plus d'un fondement théologique pour asseoir ses systèmes théoriques et ses hypothèses. Une des spécificités de la science contemporaine, au-delà de la recherche de lois ou de théories, c'est bien cette volonté d'expliquer toujours ce qui a été théorisé. La théorie de la relativité générale d'Einstein acquiert sa scientificité actuelle parce qu'elle est sous-tendue par des hypothèses explicatives susceptibles d'être confrontées à l'expérience empirique (comme l'existence d'ondes gravitationnelles) contrairement à la loi de l'attraction universelle de Newton.

Il est vrai que parler d'attitudes scientifiques c'est aussi prendre le risque d'une délimitation moins objective, d'une dérive vers le psychologisme dénoncé par Popper. Cependant, on remarquera que nos réquisits d'« attitude scientifique » sont les héritiers, pour une grande part, des travaux de Popper, avec la nécessité d'un soubassement logico-technique prédictif, la recherche de la réfutation et le refus du déni de falsification. Même les réquisits d'attitude ne nous semblent pas étrangers à Popper, pourtant théoricien d'une « connaissance sans sujet connaissant », le premier à fustiger l'historicisme des marxistes comme nous l'avons vu : « Cependant, le marxisme n'est plus une science, car il enfreint la règle méthodologique que nous devons accepter la falsification, et il vaccine contre la réfutation les plus flagrantes de ses prédictions⁹⁴³ ». Car, que l'on ne s'y trompe pas, ce ne peut être envers le marxisme qu'est portée l'estocade, qui serait bien en peine de refuser une quelconque

⁹⁴² DURIS Pascal & GOHAU Gabriel, *Histoire des sciences de la vie*, *op.cit.*, p. 26.

⁹⁴³ Voir note 362. On peut citer aussi ce passage qui va dans le même sens : « J'inclinerais même à penser que historiquement parlant, une science devient une science lorsqu'elle accepte une réfutation empirique. Mais je n'avance guère cette idée comme une hypothèse sérieuse (...) », (POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1956), *op.cit.*, p. 8.).

réfutation, mais bien envers les néomarxistes qui s'enferment dans une attitude dogmatique. Et c'est bien aussi en termes d'attitudes que Popper conclut *La logique de la découverte scientifique* : « Ceux parmi nous qui refusent d'exposer nos idées au risque de la réfutation ne prennent pas part au jeu scientifique. (...) Nous devons être actifs, nous devons faire nos expériences⁹⁴⁴ ».

Cependant la théorie n'est pas loin, et il n'est pas inutile de rappeler ici l'un des acquis majeurs de l'épistémologie du XXème siècle, à savoir que l'expérimentation est traversée, de part en part, de théorie. Mettre en avant le sujet ne doit pas pour autant faire ignorer les aspects théoriques de la recherche scientifique. Bien sûr, les épistémologues qui ont fondé le critère en termes d'attitude, comme Thagard ou Cioffi, ont tacitement inclus une composante théorique. Mais la philosophie des sciences peut-elle se contenter d'évoquer l'existence d'accords tacites, à la manière du naturalisme méthodologique de Pennock ? Le propre de l'activité philosophique ne passe-t-il pas par la construction d'un *logos* rationnel ?

L'on ne recherchera pas ici « quand un scientifique cesse de faire de la science », mais plutôt, quand un praticien, pour reprendre l'expression de Thagard, fait effectivement de la science. Il ne s'agit donc pas d'un critère normatif qui devrait imposer aux scientifiques une quelconque approche particulière, mais simplement un critère à même d'identifier quand un praticien effectue finalement la *comprehensio*, et cela même sans qu'il ait lui-même la nécessité de la théoriser. En ce sens c'est un critère naturaliste.

⁹⁴⁴ POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), *op.cit.*, p. 286.

Une attitude sera déclarée scientifique, si et seulement si *simultanément* :

I. Elle est construite autour d'un système théorique

A. *Dont les réquisits de contenu sont les suivants :*

A1 : Le système théorique contient au moins une loi ou une généralisation théorique et un nombre variable d'énoncés singuliers.

A2 : Les lois ou les généralisations théoriques sont sous-tendus par des hypothèses explicatives, elles-mêmes explicables.

B. *Dont les réquisits logico-techniques sont les suivants :*

B1 : Le système théorique est ni contradictoire, ni tautologique.

B2 : Les énoncés constitutifs du système théorique sont techniquement réfutables et vérifiables soit par des expérimentations singulières, soit de façon statistique.

II. Elle est mise en jeu par des expérimentateurs

A. *Qui sont animés par un projet théorique de compréhension du monde.*

B. *Qui délimitent le champ prédictif de leur système théorique.*

C. *Qui entreprennent une démarche d'investigation empirique consistant à rechercher systématiquement la réfutation, la vérification et/ou la généralisation des différentes prédictions inhérentes aux énoncés du système théorique.*

D. *Qui reconnaissent comme faux tout énoncé singulier du système théorique ayant été réfuté empiriquement, et qui en tirent toutes les conséquences concernant la validité de leur système théorique.*

Tableau 7 – Conditions de scientificité d'une attitude

Commentaires :

I : Réquisits théoriques :

A1 : Le système théorique contient au moins une loi ou une généralisation théorique et un nombre variable d'énoncés singuliers.

La présence d'une loi ou d'une généralisation théorique est une caractéristique incontournable de tout système scientifique empirique. On ne confondra cependant pas la volonté universaliste d'une théorie avec son domaine d'application empirique. En outre, un système théorique est un mixte généralement échafaudé à partir d'un nombre considérable d'énoncés singuliers correspondant à autant de données d'observations définies spatiotemporellement, mais aussi d'énoncés existentiels stricts. On peut illustrer le propos par la théorie cellulaire⁹⁴⁵ : les énoncés singuliers qui participent à la théorie sont en nombre pratiquement incalculable, des toutes premières observations de Robert Hooke (*Micrographia* – 1665-) puis celles obtenues avec l'apparition des lentilles achromatiques (vers 1830, avec notamment les travaux de Robert Brown sur le noyau cellulaire) qui profitent grandement des améliorations des techniques de fixation et de coloration, aux observations microscopiques contemporaines mettant en jeu une diversité technique de microscopie impressionnante, microscopes optiques, électroniques, à sonde locale et ioniques. La construction théorique qui accompagne cette lente évolution prend sa source dans les premières conceptions unifiées de la « fibre vivante » du XVIII^e siècle, les hypothèses globulistes d'Henri Dutrochet (1776-1847) et de François-Vincent Raspail (1794-1878), sans oublier les constructions spéculatives de la *Naturphilosophie* germanique. Une première théorie cellulaire, la cellule comme unité structurale mais aussi fonctionnelle, voit le jour grâce à la perspicacité du zoologiste Theodor Schwann (1810-1882), suite à la contribution de nombreux scientifiques tels Karl Ernst von Bayer mais aussi du botaniste Matthias Schleiden. Schwann conçoit la genèse cellulaire selon un processus analogue à la cristallisation à partir d'une structuration du protoplasme (« liquide vivant »). Cette conception mécaniste est fortement amendée par Robert Remak et Rudolph Virchow qui énoncera le principe fondamental de dérivation cellulaire de toutes les structures élémentaires des organismes « *Omnis cellula e cellula* ». Ces généralisations jettent les bases

⁹⁴⁵ Voir notamment DUSCHESNEAU François, *Genèse de la théorie cellulaire*, Montréal, Bellarmin et Paris, Vrin, 1987.

d'une théorie dont les développements se poursuivent au cours des XIXe et XXe siècles jusqu'à nos jours (théorie chromosomique de Boveri, de l'hérédité de Weismann, endosymbiotique de Lynn Margulis, ..., pour ne citer qu'elles).

A2 : Les lois ou les généralisations théoriques sont sous-tendus par des hypothèses explicatives, elles-mêmes explicables.

La présence d'un système théorique, condition nécessaire, n'est pas seule suffisante à caractériser le contenu théorique d'une activité scientifique contemporaine, encore faut-il qu'il lui soit associée au moins une hypothèse explicative. Soit l'énoncé suivant : « les hétérochromatines forment, dans le noyau cellulaire, des territoires où les gènes ne sont pas transcrits ». Cet énoncé biologique n'a de réalité scientifique que si une ou plusieurs hypothèses explicatives l'accompagnent ; par exemple ici, il peut être expliqué par l'existence de marqueurs épigénétiques qui confèrent une stabilité accrue aux nucléosomes (abondance des groupements méthyles). Dans un deuxième temps le scientifique s'interrogera, par exemple, sur les types d'interactions des groupements méthyles avec l'ADN. Cette succession d'hypothèses explicatives augmente la *comprehensio* du système théorique et sa possibilité d'être tester empiriquement⁹⁴⁶. L'astrologie « savante » défendue par Suzel Fuzeau-Braesch « affirme » l'existence d'une causalité afin « d'intégrer le fait astrologique dans le champ scientifique ». Mais en absence d'explication par une loi ou une théorie causale, cette affirmation reste un vœu pieu et ne saurait être un quelconque indice de scientificité car aucune hypothèse causale n'est avancée ni testée.

On rétorquera peut-être qu'il existe des sciences descriptives que l'on oppose classiquement aux sciences nomologiques. Sont citées des disciplines telles l'anatomie, l'histologie, l'archéologie, la taxinomie, la paléontologie, la stratigraphie, la géographie, et

⁹⁴⁶ On entrevoit évidemment une régression explicative à l'infini. Cependant celle-ci peut se conclure, dans bien des cas, en se greffant sur des savoirs acquis dans des domaines scientifiques connexes. Dans l'exemple proposé, les interactions des groupements méthyles avec l'ADN s'expliqueront par les types de liaisons chimiques s'établissant. Si la concaténation explicative peut parfois, en biologie, se traduire *in fine* par une démarche réductrice à la chimie ou la physique, pour autant, elle ne s'y réduit pas.

même la botanique, la zoologie etc., qui semblent *a priori* s'affranchir de toute hypothèse explicative. C'est une vision superficielle et naïve de la réalité épistémologie de ces disciplines. Comme nous l'avons rappelé, il n'y a pas d'observation sans un minimum de théorisation même inconsciente. Popper fait justement remarquer qu'un groupe de personnes serait bien en peine de savoir quoi répondre à la question générale « observez ! ». « Une observation présuppose toujours un certain système d'attentes⁹⁴⁷ », ce qui s'oppose fondamentalement à la *tabula rasa* d'Aristote que Popper parodie comme « la théorie de l'esprit-seau⁹⁴⁸ » où notre esprit fonctionnerait de façon passive et se remplirait comme un seau vide. Par exemple, pour vouloir classer les êtres vivants ou comprendre leur organisation, il ne suffira pas de les observer, encore faudra-t-il développer des systèmes théoriques qui le permettent. Si, selon Michel Foucault, la biologie n'existait pas au XVIIIème siècle mais « seulement des êtres vivants qui apparaissaient à travers une grille du savoir constituée par *l'histoire naturelle*⁹⁴⁹ », c'est parce que les constructions théoriques sous-jacentes n'étaient pas identiques à celles du XIXème siècle. On peut citer aussi l'exemple flagrant de l'astrologie et de l'astronomie qui, bien que s'étant développées à partir de l'observation d'un même ciel, ont construit des systèmes théoriques très différents.

B1 : Le système théorique est ni contradictoire, ni tautologique.

Concernant l'aspect logique du système théorique, la première exigence consiste en ce qu'il ne soit ni contradictoire, ni tautologique, de manière à représenter un monde empirique possible. On peut comprendre la tautologie comme une forme particulière de contradiction totale. La « génération spontanée » ou la thèse de Schwann sont incompatibles avec la formule de Virchow. Les systèmes théoriques de la science empirique, contrairement aux pseudosciences, éliminent les contradictions internes.

⁹⁴⁷ POPPER Karl R., *La connaissance objective* (1972), *op.cit.* p. 503.

⁹⁴⁸ *Ibid.*, p. 120.

⁹⁴⁹ FOUCAULT Michel, *Les mots et les choses*, Paris, Editions Gallimard, collection tel, 1966, p.139.

En psychanalyse, il n'est pas rare de rencontrer des situations théoriques où les phénomènes observés peuvent, tour à tour, s'interpréter comme cause et conséquence : c'est le cas par exemple, du couple angoisse névrotique et symptômes associés (comme les actes obsédants) : il est tout à fait possible, selon Freud, d'identifier le premier comme la cause et le second comme la conséquence et vice-versa :

« Etude de la relation réciproque entre symptôme et effet : cas de l'angoisse et des névroses, les deux peuvent être interchangeables dans l'ordre d'effet : Les deux mécanismes de la formation d'angoisse névrotique coïncident donc, pour ainsi dire. Au cours de ces recherches, nous avons pu noter l'existence du rapport très important qui existe entre la production de l'angoisse et la formation du symptôme. On observe là une action réciproque, les deux phénomènes pouvant se remplacer mutuellement, se suppléer l'un l'autre. La maladie de l'agoraphobe, par exemple, débute par un accès d'angoisse dans la rue. Cet accès se renouvelerait à chaque sortie, mais la formation du symptôme, qu'on peut aussi considérer comme une inhibition, comme un rétrécissement fonctionnel du Moi, épargne l'accès d'angoisse. C'est l'inverse qu'on constate lorsqu'on tente d'intervenir dans la formation du symptôme, dans les actes obsédants, par exemple. Si l'on empêche le malade d'accomplir son cérémonial de lavage, il tombe dans le très pénible état d'anxiété dont évidemment son symptôme le préservait. A la vérité, il semble que la production d'angoisse ait précédé la formation du symptôme, comme si les symptômes avaient été créés pour empêcher l'apparition de l'état anxieux⁹⁵⁰ ».

Cette réciprocité est en contradiction flagrante avec la démarche freudienne qui repose sur le principe du « déterminisme psychique ».

B2 : Les énoncés constitutifs du système théorique sont techniquement réfutables et vérifiables soit par des expérimentations singulières, soit de façon statistique.

Les énoncés, singuliers ou universels, ont quelque chose à dire à propos de notre monde empirique s'il est techniquement possible de les y confronter. Leur confrontation virtuelle est de l'ordre du seul aspect technique car, comme nous l'avons montré, il n'existe pas de logique de la potentialité. Leur empiricité réside dans la possibilité de les vérifier et de les réfuter, même si la vérification potentielle comme la réfutabilité ne sont pas, par elles-mêmes, des preuves absolues de scientificité. Les théories et les lois de la science empirique sont écrites pour être dépassées et une façon de le faire c'est de les confronter à la réalité. C'est ainsi que les résultats de l'équipe « Opéra », qui a mesuré en septembre 2011 une

⁹⁵⁰ FREUD Sigmund, *Le refoulement grand responsable de l'angoisse et des autres névroses*, <http://www.inlibroveritas.net/lire/oeuvre28904-chapitre145874.html>

vitesse des neutrinos à travers le massif du Mont-Blanc supérieure à la vitesse théoriquement maximale de la lumière⁹⁵¹, n'ont pu être confirmés par les vérifications ultérieures. Un biais dans la localisation précise des balises GPS a été mis en évidence.

II. Réquisits d'attitude scientifique :

A : Les scientifiques sont animés par un projet théorique de compréhension du monde.

Contrairement au technicien qui a pour objectif la fiabilité de la connaissance en vue de l'action, nous avons rappelé que l'homme de science est engagé dans la compréhension du monde. C'est ce projet théorique qui traverse la science telle qu'elle a pu apparaître il y a 3500 ans du côté de la Mésopotamie et qui se poursuit de nos jours. Chaque chercheur, chaque équipe de recherche, par les projets spécifiques qu'ils construisent, participent, à leur façon, à ce projet général de *comprehensio*. L'attitude scientifique est donc d'abord un projet qui se vit subjectivement. Les projets scientifiques construisent la science de chaque époque et se poursuivent bien souvent au-delà des individus. Le projet linnéen de classer et de nommer les êtres vivants est toujours d'actualité, mais il n'a plus la même motivation ni les mêmes outils.

B : Les scientifiques délimitent le champ prédictif de leur système théorique.

Une des premières attitudes que l'on peut relever chez un scientifique, consiste à délimiter le champ prédictif de son système théorique, sans pour autant que ce soit de manière formelle ou même exprimée. La prédiction, comme l'a montrée Popper, est le moteur de l'activité scientifique. Nous avons vu, par exemple, comment la prévision par Monod et Jacob

⁹⁵¹ KATSANEVAS Stavros : « Bien entendu, il faut confirmer ou infirmer ce résultat. Mais peut-être que cela peut ouvrir nos yeux. Les chercheurs qui s'intéressent aux neutrinos et photons cosmiques peuvent aussi reprendre leurs calculs et voir s'ils ne trouvent pas de tels écarts. De leur côté, Minos et Opera ont déjà annoncé l'augmentation de la précision de leurs mesures temporelles afin d'éclaircir la situation », in *Le Monde*, http://www.lemonde.fr/planete/article/2011/09/22/des-particules-mesurees-a-une-vitesse-depassant-celle-de-la-lumiere_1576530_3244.html.

de l'existence de mutants particuliers délimitait le cadre théorique de l'opéron lactose, cadre testé et vérifié 4 mois plus tard. Cependant notre étude des diversités prédictives (partie II.C.5 et 6) a mis en évidence que c'est notamment en termes d'usurpation prédictive que l'on peut caractériser l'activité pseudoscientifique. Ce qui est scientifique, ce n'est pas ce qui peut uniquement prédire, mais bien ce qui se refuse toute prédiction impossible ou ce qui peut « prédire que l'on ne pourra pas prévoir ». Par exemple, concernant la théorie RPECV de Gillespie, si le chimiste ne peut choisir un atome central, il annonce l'impossibilité de prédictions moléculaires. On peut aussi comparer l'attitude d'Anne Dambricourt, pour laquelle l'avènement de l'homme de Cro-Magnon était attendu, avec celle de Guillaume Lecointre qui définit précisément les limites prédictives de la phylogénie :

« Si les processus de l'évolution sont reproductibles et permettent de faire des prédictions, c'est qu'ils suivent un certain nombre de lois⁹⁵² et peuvent être analysés dans un cadre expérimental. Il n'en reste pas moins que les produits de ce processus dans la nature sont hautement contingents puisqu'ils ont dépendu, dépendent et dépendront d'aléas historiques des milieux. Ces produits ne sont pas analysables par les sciences nomologiques. C'est la raison pour laquelle il n'est pas possible de faire des prédictions sérieuses sur ce que seront les espèces demain. Lorsque l'on dit que la phylogénie est prédictive, c'est qu'elle permet de prédire la présence d'états de caractères que l'on n'a pas encore observé *sur des espèces actuelles* ou de rétrodire les caractères que *devaient avoir porté des ancêtres hypothétiques*. En aucun cas il ne s'agit de prédire un futur évolutif⁹⁵³ ».

L'attitude scientifique consiste donc à préciser les limites prédictives du modèle théorique, cette caractéristique n'étant généralement pas prise en compte par l'épistémologie contemporaine.

Les adeptes des disciplines pseudo-scientifiques ont un premier point commun avec les prophètes en tout genre, c'est qu'ils ne s'embarrassent pas de telles considérations. La capacité prédictive virtuelle de l'astrologie est proprement stupéfiante : prédiction personnalisée (amour, richesse, travail, santé, paris sportifs, ...), de catastrophes (fin du monde, inondations, nucléaire, transport ...), économique, boursière, de guerre etc. Pour

⁹⁵² Les « lois » en question font référence au principe de sélection naturelle. C'est la thèse de Rosenberg, reprise par Jean Gayon que Guillaume Lecointre cite dans le paragraphe précédent cet extrait.

⁹⁵³ LECOINTRE Guillaume, « Récit de l'histoire de la vie ou De l'utilisation du récit », *op.cit.*, p. 390.

l'astrologie tout est sujet à prédiction à court, moyen ou long terme. Comparons avec la réponse d'Aldo Zollo, professeur de sismologie à l'Université de Naples :

« En l'état actuel de nos connaissances, il est toujours impossible de prévoir un séisme, c'est-à-dire où et quand il se produira, et d'estimer sa magnitude, donc des dégâts éventuels. Aucuns des signaux précurseurs connus, que ce soit les microséismes, les émissions de gaz (le radon notamment), ou encore les déformations du sol, n'est en effet suffisamment fiable d'un point de vue statistique pour déterminer si un séisme se produira dans les dix jours, dans dix mois ou dans dix ans⁹⁵⁴ ».

La capacité prédictive du système théorique et le type de prédiction qui est susceptible d'être utilisés sont ici clairement précisés. La prédiction statistique causale postulée (**Pis_c** dans notre terminologie) n'offre aucune garantie. On retrouve les mêmes considérations, avec les prévisions météorologiques dont l'indice de confiance est une preuve de la prise de conscience des limites du système théorique qui les subsume. Mais quand les systèmes théoriques le permettent, comme ceux répondant au modèle D-N d'explication, les prédictions sont ouvertement déclarées beaucoup plus fiables. A l'opposé des pseudosciences, la science se doit de maîtriser son domaine de prédiction. Comme nous l'avons rappelé, la physique quantique n'opère pas dans les domaines de prédiction déductifs-nomologiques (**P_{D-N}**), elle délimite clairement ses prétentions prédictives dans le seul domaine statistique (**P_{s_t}**). L'imprédictibilité se retrouve dans le cadre des systèmes chaotiques très sensibles aux conditions initiales. Henri Poincaré met du désordre dans les beaux rouages du déterminisme lorsqu'il fait remarquer en 1896 dans l'introduction de son *Calcul des probabilités* que :

« Lors même que les lois naturelles n'auraient plus de secret pour nous, nous ne pourrions connaître la situation qu'approximativement. Si cela nous permet de prévoir la situation ultérieure avec la même approximation, c'est tout ce qu'il nous faut, nous disons que le phénomène a été prévu, qu'il est régi par des lois ; mais il n'en est pas toujours ainsi, il peut arriver que de petites différences dans les conditions initiales en engendrent de très grandes dans les phénomènes finaux ; une petite erreur sur les premières produirait une erreur énorme sur les derniers. La prédiction devient impossible et nous avons le phénomène fortuit⁹⁵⁵ ».

Pour un système chaotique, c'est-à-dire un système dynamique dont une partie présente une sensibilité importante aux conditions initiales et une forte récurrence, une infime variation

⁹⁵⁴ ZOLLO Aldo, « Le mauvais procès fait aux experts italiens » in *La Recherche*, n°444, septembre 2010, pp.16, 17.

⁹⁵⁵ POINCARÉ Henri, *Calcul des probabilités* (1896), Paris, Editions Jacques Gabay, 1987, p. 5.

d'un paramètre sur la connaissance de l'état initial dans l'espace des phases, va se trouver généralement amplifiée. Ce phénomène a été popularisé par la célèbre métaphore que Edward N. Lorenz interroge au cours de la conférence de 1972⁹⁵⁶ : « Prédicibilité : le battement d'ailes d'un papillon au Brésil provoque-t-il une tornade aux USA ? ». Quantitativement la croissance de l' « erreur » (c'est-à-dire de la différence par rapport à ce qui serait la « mesure exacte ») est localement exponentielle, selon une loi du type $e^{t/\tau}$ (avec τ , temps caractéristique du système chaotique ou *horizon de Lyapounov*). Alors que pour des instants t très petits devant τ , l'infime variation garde sa valeur initiale et la prédiction reste possible, en revanche si $t \gg \tau$, la croissance de l'erreur est telle que toute prédiction est impossible.

C : Les scientifiques entreprennent une démarche d'investigation empirique consistant à rechercher systématiquement la réfutation, la vérification et/ou la généralisation des différentes prédictions inhérentes aux énoncés du système théorique.

La mise en jeu d'une démarche d'investigation empirique est au cœur de la pratique scientifique quotidienne comme le souligne le naturalisme méthodologique de Pennock. Les programmes de recherche s'organisent autour des tests, des vérifications d'hypothèses et des généralisations inductives. Prenons l'exemple d'une étude⁹⁵⁷ réalisée sur les métalloporphyrines par une l'équipe multidisciplinaire incluant Marie-Laure Bocquet chercheuse au laboratoire de chimie de l'école normale supérieure de Lyon.

Dans une interview de *La Recherche*, la scientifique rappelle le contexte de découverte : « Un peu par hasard, en étudiant les métalloporphyrines, nous avons peut-être remis en question une idée reçue sur l'hémoglobine ». Puis elle indique la découverte en question : « La surprise est venue lorsque les métalloporphyrines ont été exposées à un gaz environnant toxique (du type monoxyde de carbone) : au lieu de ne fixer qu'une seule molécule de gaz en son centre –comme on l'apprend dans les manuels de chimie–, les métalloporphyrines ont fixé deux molécules de gaz (...) ». Cette découverte a des enjeux biologiques et cliniques importants : « Nos recherches vont peut-être amener les biologistes à s'interroger sur la présence possible de plusieurs sites passagers pour les gaz sur l'hémoglobine. Si nos résultats s'étendent à d'autres gaz et à la métalloporphyrine de fer, celle présente dans l'hémoglobine, cela signifierait que celle-ci transporte deux fois plus de gaz à la fois qu'on imaginait jusqu'à présent. Avec toutes les conséquences que cela peut avoir pour le

⁹⁵⁶ LORENZ Edward, « Predictability: Does the Flap of a Butterfly's Wings in Brazil Set off a Tornado in Texas? », conférence de 1972 à l'*American Association for the Advancement of Science*.

⁹⁵⁷ SEUFERT Knud, BOCQUET Marie-Laure *et al.*, "Cis-dicarbonyl binding at cobalt and iron porphyrins with saddle-shape conformation" in *Nature Chemistry*, 3, 114, 2011.

traitement de maladies liées à l'hémoglobine ». Les grandes lignes prospectives du programme de recherche sont annoncées : « Mais attention, pour l'instant, ce n'est qu'un résultat obtenu dans des conditions opératoires très spécifiques. Nous allons chercher à le généraliser sur des systèmes similaires, essayer de comprendre l'influence de la surface métallique, du métal central et du gaz⁹⁵⁸ ».

Cette étude, choisie presque au hasard, est caractéristique de l'attitude scientifique. Notons tout d'abord que les résultats obtenus sont toujours présentés avec beaucoup de réserve (« peut-être », « si », « attention », « essayer de comprendre »,...), l'emploi du conditionnel est de mise (« signifierait »), sont soulignées les conditions spécifiques des manipulations (« conditions opératoires très spécifiques »). Cela tranche fortement avec les affirmations des adeptes des pseudosciences qui devraient pourtant rester, pour le moins, hypothétiques : « on ne peut plus refuser de reconnaître à l'homme une sensibilité magnétique ni nier à quel degré les magnétiseurs en sont doués⁹⁵⁹ ». L'attitude du chercheur est aussi caractérisée par une réflexion prospective à la fois expérimentale (« si nos résultats s'étendent à d'autres gaz ») et théorique explicative (« comprendre l'influence de la surface métallique, du métal central et du gaz »). On remarquera qu'ici la chercheuse énonce une prédiction par généralisation inductive (« nous allons chercher à le généraliser sur des systèmes similaires »), **Pi**, tout à la fois fil conducteur et heuristique de cette démarche d'investigation que nous soulignons. A l'opposé, on peut penser que les autres équipes travaillant sur le même sujet chercheront plutôt la vérification ou la réfutation de l'hypothèse proposée.

D : Les scientifiques reconnaissent comme faux tout énoncé singulier du système théorique ayant été réfuté empiriquement. Ils en tirent toutes les conséquences concernant la validité de leur système théorique.

Si la réfutabilité potentielle n'est pas valide, il n'en est pas de même de la réfutation. Il s'ensuit donc que refuser d'admettre la réfutation empirique effective d'un énoncé est proprement un déni d'attitude scientifique, ainsi que le rappelle Popper (à propos du

⁹⁵⁸ BOCQUET Marie-Laure, « Hémoglobine. Deux molécules de gaz transportées au lieu d'une ? », in *La Recherche*, n°452, Mai 2011, p.15.

⁹⁵⁹ ROCARD Yves, « Un sixième sens ? La perception du champ magnétique » in *La Recherche*, n°151, Janvier 1984, p.116.

marxisme) : « il enfreint la règle méthodologique que nous devons accepter la réfutation⁹⁶⁰ ». L'attitude scientifique consiste notamment, non seulement à rechercher effectivement la réfutation des hypothèses, mais aussi à accepter toute réfutation empirique. Après s'être assuré, par la répétabilité et l'accord intersubjectif, des résultats d'une réfutation, les conséquences du *modus tollens* sont appliquées. Si la réfutation opère sur un énoncé singulier, celui-ci doit être considéré comme faux. Si la réfutation engage un énoncé universel, les scientifiques devront en tirer toutes les conséquences sur la validité de ce dernier. Il s'agira, dans le cadre du falsificationnisme sophistiqué, mettant notamment en jeu un système théorique concurrentiel, des vérifications sophistiquées et des discussions dans et entre laboratoires de recherche, de reconsidérer la validité du système théorique étudié, quitte à le rejeter comme faux.

Malgré les nombreuses réfutations présentées précédemment, les disciples de la radiesthésie et de l'astrologie, comme les marxistes et les freudiens, défendent corps et âme des théories sans fondement. Les travaux d'astrologie statistique, pourtant maintes fois réfutés sont toujours présentés par les astrologues comme des données scientifiques valables. A l'opposée, les biologistes de l'évolution et les paléontologues font clairement la part des choses, entre les éléments de la théorie de l'évolution qui ont été rejetés et ceux qui ont résisté à la réfutation (partie II.B). Généralement les scientifiques élaborent des systèmes théoriques complexes à partir d'un mixte de théories antérieures dont certaines parties ont été réfutées empiriquement et pour lesquelles ils conservent les éléments vérifiés par l'expérience. Nous en avons vu un bon exemple avec la théorie allostérique de Monod dont seuls les éléments centraux ont été conservés (polymérisation, modification de conformations spatiales à la suite de la fixation d'un ligand ...), au détriment de certains points secondaires (comme la parfaite symétrie). L'exemple suivant est assez démonstratif d'une attitude caractéristique en science.

⁹⁶⁰ ("it broke the methodological rule that the must accept falsification" – je traduis -). POPPER Karl R., "Replies to my critics" in *The Philosophy of Karl Popper, op.cit.*, p. 985.

En 1982, le paléontologue Yves Coppens développe une théorie (présentée par l'éthologue Adriaan Kortlandt) popularisée sous le nom d'« East Side Story ». Celle-ci explique l'apparition de la lignée humaine en Afrique de l'Est par un changement climatique majeur lié à la formation de la Rift Valley, il y a huit millions d'années. La différenciation climatique et environnementale entre la région située à l'ouest, humide et boisée, et la région située à l'est, beaucoup plus sèche et occupée par la savane serait à l'origine, à partir d'une souche commune de primates hominidés, de deux lignées évolutives divergentes : à l'Ouest celle des hominidés arboricoles et à l'Est celle des pré-humains (homininés) où la végétation basse aurait favorisé l'émergence de la bipédie. Cette thèse était confortée par le fait qu'après 8 millions d'années, on ne trouve plus de pré-grands singes dans la zone du rift. L'apparition d'un certain nombre de données allaient progressivement sérieusement écorner la théorie : la découverte d'un australopithèque (*Australopithecus bahrelghazali*) au Tchad à 3000 kilomètres à l'Ouest du rift, de singes (kenyapithèques) à émail dentaire épais en Afrique de l'Est datant de 8 millions d'années (témoignant d'une alimentation plutôt liée à la savane, dure à mâcher), d'un homininé (*Ardipithecus ramidus*) à émail mince vers 4,5 millions d'années... La première attitude d'Yves Coppens consista à rechercher des hypothèses explicatives, en termes poppériens on parlerait d'hypothèses *ad hoc*, afin de sauver sa théorie : sécheresse en Afrique vers – 4 millions d'années avec migration d'*Australopithecus bahrelghazali*, relativisme du caractère lié à l'épaisseur des dents etc. Tout savant aura tendance, pour des raisons psychologiques évidentes, à défendre parfois plus que de raison son système théorique dont certains énoncés ont été réfutés empiriquement. De plus remarquons que, ne s'agissant pas d'un modèle déductif-nomologique strict, ces réfutations ne se trouvaient loin d'être certaines. Par contre, la découverte de Toumaï (*Sahelanthropus tchadensis*) au Tchad en 2001, vieux de 7 millions d'années, correspond à une réfutation quasi absolue de la théorie de l'East Side Story, comme le reconnaît Yves Coppens : « Il est

vraisemblable que Toumaï est désormais [en 2003] le fossile d'hominidé le plus ancien. Au Tchad ! Donc soyons raisonnables : telle que je l'avais conçue, l'East Side Story n'existe plus⁹⁶¹ ». Il est vain de trouver une telle attitude dans le monde des pseudosciences. La théorie de l'East Side Story, avec la découverte de l'australopithèque Lucy, faisait la renommée et la gloire d'Yves Coppens. L'attitude scientifique consista à ne plus chercher à sauver sa théorie et donc l'abandonner au panthéon des théories rejetées. La science tôt ou tard corrige ses erreurs. L'évolution des contenus mais aussi des méthodes est une marque fondamentale de la science que l'on ne retrouve jamais, de façon aussi prononcée, dans aucune construction pseudo-scientifique généralement figée⁹⁶².

Bien qu'il soit hors de propos de confronter ici notre critère de scientificité à un vaste échantillon de disciplines, quelques exemples pourront mettre en exergue son opérabilité contemporaine. En toute rigueur il faudrait le confronter avec des attitudes données et non pas l'attitude d'un ensemble de praticiens d'une discipline particulière. Cependant, dans un but de simplification, cette exigence peut être dépassée pour les praticiens des pseudosciences qui ont généralement un comportement assez uniforme.

(a) L'attitude des praticiens de l'astrologie ne vérifie aucun des réquisits suivants : IA2, aucune hypothèse explicative n'est avancée (la causalité est seulement espérée) ; IIB, le champ prédictif n'est jamais délimité ; IIC, aucune démarche d'investigation empirique n'est entreprise ; IID, de nombreux énoncés singuliers ont été réfutés empiriquement (par la communauté scientifique) sans que les astrologues n'en tirent aucunes conséquences théoriques.

⁹⁶¹ COPPENS Yves, « L'East Side Story n'existe plus » in *La Recherche*, n°361, Février 2003, p. 76.

⁹⁶² Il a été souvent avancé (par exemple Resnik 2000) contre l'argument historiciste de Thagard, « [une discipline est pseudoscientifique si] elle a été moins progressiste que les théories alternatives sur une longue période de temps, et fait face à de nombreux problèmes non résolus » (Thagard 1978), que certaines sciences, en général les sciences dites descriptives, comme l'anatomie n'ont guère modifié leur contenu depuis plus d'un siècle. On peut discuter pied à pied de la pertinence d'une telle objection, par exemple en anatomie les apports techniques ont révolutionné la perception tridimensionnelle des structures. Mais plus généralement cette remarque met en évidence une vision régionaliste réductrice de la science (Rosenberg 1985) qui ne tient pas compte de la dimension nécessairement holistique du progrès.

(b) L'attitude des praticiens de la psychanalyse ne vérifie pas toujours B1 car la discipline est souvent contradictoire. Généralement IIB s'applique, cependant les praticiens ne cherchent pas systématiquement la confrontation théorique avec les données empiriques (réquisits IIC) et surtout se refusent de tirer toutes les conséquences possibles des réfutations sur leurs systèmes théoriques (IID).

(c) L'attitude des défenseurs de la thèse du dessein intelligent ne vérifie aucun des réquisits suivants : IA2, la concaténation explicative s'arrête au seul premier niveau, la cause intelligente. En ce sens ils ne poursuivent pas un projet théorique de compréhension du monde (IIA) ; IB2 (et par voie de conséquence IIC), l'hypothèse d'une cause intelligente n'est pas techniquement réfutable et vérifiable ; IIB, le champ prédictif n'est pas délimité.

(d) Survol rapide de l'attitude des praticiens du laboratoire de recherche de Richard Lenski (*Michigan State University*). L'objectif de Lenski consiste à tester « le rôle de la contingence historique dans l'évolution⁹⁶³ » (IIA). Pour cela, il suit les modifications génétiques de douze populations initiales à peu près identiques d'*Escherichia coli* asexuée (sans échanges génétiques par conjugaison) depuis le 24 Février 1988. Depuis le lancement du test, Lenski et ses collègues ont fait état d'une vaste gamme de changements génétiques, cependant sans qu'on ne puisse encore parler de spéciation. Certaines adaptations évolutives ont eu lieu dans les douze populations, tandis que d'autres ne sont apparues que dans une ou quelques populations, comme la capacité à utiliser le citrate (génération 31000) comme source de carbone organique que *E. coli* ne peut normalement métaboliser. Ces mutants Cit+ sont expliquées par l'apparition de trois nouvelles protéines vers la génération 20 000.

Le système théorique autour de laquelle est construite l'attitude des praticiens est complexe. Il comprend notamment, mais pas uniquement, des généralisations relatives à la science de l'évolution (réquisits IA1) sous tendus par des hypothèses explicatives (mutations

⁹⁶³ BLOUNT Zachary D., BORLAND Christina Z., LENSKI Richard E., "Historical contingency and the evolution of a key innovation in an experimental population of *Escherichia coli*" in *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (23), 2008, pp. 7899–7906.

etc.), elles-mêmes pouvant être expliquées (IA2). N'étant pas construit sur le seul aphorisme de Spencer, le système théorique n'apparaît pas comme contradictoire ni tautologique (IB1), sa testabilité est l'objectif prioritaire (IB2). Le champ prédictif est clairement délimité par la contingence du système qui correspond donc à l'absence de prédiction précise, et seulement des prédictions très générales comme l'apparition de mutants « à un moment donné » (IIB). La démarche d'investigation empirique est mise en place depuis le 24 Février 1988 (IIC), et les expérimentateurs intègrent les données acquises au système théorique (IID).

Conclusion

S'il était possible de refaire le procès de l'Arkansas, nous répondrions à Duane Gish⁹⁶⁴, aux créationnistes et aux défenseurs de l'ID, que l'évolution n'a plus à prouver son existence puisqu'elle est devenue un objet d'étude de la science. La « science de l'évolution⁹⁶⁵ » s'est constituée au début du XXe siècle, comme a pu le faire la biologie un siècle auparavant, à la suite des travaux de Darwin et avec l'avènement des théories mendéliennes de l'hérédité puis du mutationnisme. Or, la science étudie des faits et élabore des théories explicatives. Nous avons vu que la théorie de l'évolution de Darwin doit être comprise comme un « long et vaste argument » permettant de repenser l'ordre vivant, et dont le principe de sélection naturelle est l'hypothèse explicative (Jean Gayon 1992). L'hypothèse de sélection naturelle, après une période de crise, fut largement corroborée par les sciences de la variabilité et de l'hérédité des caractères, pour en devenir le noyau central. Qu'il y ait eu et qu'il y ait évolution des espèces est donc, depuis la constitution de la science de l'évolution, de l'ordre du fait⁹⁶⁶ biologique et non plus de l'hypothèse. Présenter l'évolution du vivant, ainsi que l'avait fait Popper et comme cela se fait encore, comme une simple hypothèse (« l'hypothèse évolutionniste »), de même qu'affirmer que le concept de sélection naturelle est une tautologie triviale impossible à tester, est une position épistémologiquement incorrecte dont les créationnistes exploitent les faiblesses.

Concernant les cinq critères de Michael Ruse⁹⁶⁷, et bien qu'ils nous paraissent incomplets, c'est ainsi que nous les récrivons :

⁹⁶⁴ Voir la note 6.

⁹⁶⁵ GAYON Jean, « Evolution et philosophie » in *Revue Philosophique*, n°3- Août 2004, p. 291 à 298.

⁹⁶⁶ Bien que la notion d'évolution biologique résulte d'une construction théorique indéniable (la charge théorique est évidemment beaucoup plus importante que celle du simple énoncé d'observation d'un verre d'eau – voir partie I.C.2 -) qui explique notamment avec quelles difficultés elle a été acceptée, nous défendons cette conception par analogie avec l'établissement des faits dans une investigation policière où ces derniers ne sont pas assimilables à une donnée brute mais résultent aussi d'une reconstruction rationnelle. Or les faits, une fois constitués intersubjectivement, ne sont plus à prouver.

⁹⁶⁷ Voir le texte en regard de la note 23.

- (1) La science est guidée par l'activité des chercheurs qui identifient certaines régularités dans la nature et établissent différentes formes de généralisations, pouvant éventuellement, comme en physique, prendre la forme de véritables lois ;
- (2) Elle doit être explicative en référence aux théories qu'elle construit ;
- (3) Ses conclusions sont provisoires, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas forcément le dernier mot (pour autant, il ne s'agit pas de simples croyances mystiques) ;
- (4) et (5) Elle est testable vis à vis du monde empirique au sens où elle doit s'y confronter, c'est à dire rechercher systématiquement la réfutation, la vérification et/ou la généralisation des différentes prédictions de ses systèmes théoriques.

Si, à l'issue de notre recherche, les items (3) et (4) demeurent inchangés, deux modifications fondamentales ont été apportées. La science ne se construit plus autour de la seule notion de loi qui en devient une simple composante, mais est plutôt comprise comme le résultat d'une attitude. La réfutabilité et la réfutation perdent leur prééminence en tant que criterium discriminant de l'activité scientifique.

La tâche première de Popper, à savoir fournir un concept de science empirique simple permettant de différencier science et non-science, s'est révélée être une entreprise difficile, semée d'embûches et qui conduit donc à un échec relatif. A un critère de démarcation construit autour de la seule réfutation empirique, il sera toujours possible d'objecter notre rapport à l'expérience incertain. A ces difficultés du contrôle expérimental s'ajoutent celle d'une interprétation naïve qui nous ferait croire à une simple identité, théorie réfutée = théorie non scientifique, qu'une démarche historiciste de la connaissance scientifique met en défaut ainsi que l'ont montré Kuhn, Lakatos ou Feyerabend.

Confronté aux difficultés de la réfutation, Popper a cherché la solution dans la réfutabilité, c'est à dire le rapport potentiel qu'entretient l'énoncé falsificateur avec l'expérience : un énoncé sera scientifique si la classe de ses falsificateurs virtuels n'est pas vide. L'empiricité du critère de démarcation devient potentiellement empirique, mais à ce titre désespérément théorique. Comment trouver une solution entre une inaction qui se veut active et une action qui ne peut l'être ? Se trouvent ici résumés tous les ingrédients d'une intense réflexion philosophique aux multiples prolongements ainsi qu'aux résultats inattendus.

Dans une période où Popper ne semblait pas avoir encore pris en considération toutes les difficultés de la réfutation, ses premiers travaux statuent déjà difficilement sur l'affirmation potentielle ou effective du critère de démarcation. La courte section 5 de *La logique de la découverte scientifique*, qui s'interroge sur le rapport entre le critère de démarcation et l'expérience, coïncée entre l'introduction du critère (section 4) et l'affirmation de son identité avec la réfutabilité (section 6), expose, bien malgré elle, la difficulté de la tâche. Popper y affirme, en quelques lignes, deux points de vue qui sont totalement contradictoires et exclusifs, et qui autorisent des interprétations manifestement opposées : d'une part la science empirique appartient au monde de l'expérience possible et d'autre part au monde de l'expérience réelle. On retrouve les mêmes difficultés lorsqu'il s'agit de statuer sur les règles de la normativité scientifique poppérienne, tour à tour, règles de réfutabilité et règles de réfutation.

Si les premières réflexions poppériennes débouchent sur un critère de démarcation essentiellement tourné vers *potentia*, ce dernier, par la suite, en devenant le rempart actif contre les prophéties en tout genre des historicistes, glisse vers *agere*. De logico-méthodologique le critère devient plus méthodologico-empirique. Les années 1940-50 sont donc marquées par un critère de démarcation au contour moins tranché et globalement plus tourné vers la réfutation que la réfutabilité. Dans les années 1960-70, Popper s'intéresse alors au progrès, à la formation et à l'évolution de la connaissance objective, ses approches du critère de démarcation sont multiples. D'une part, il réaffirme implicitement, à travers l'opposition des réquisits formels et matériels, la dualité du couple réfutabilité-réfutation exposée dans les années 1930. Mais dans ce nouveau cadre d'étude, Popper développe une épistémologie darwinienne de l'essai et de l'erreur qui rompt alors avec le cadre normatif dans lequel il l'avait initialement situé. L'épistémologie évolutionniste naturaliste s'oppose radicalement à l'épistémologie normative de la méthode scientifique. Cette naturalisation de

la connaissance scientifique que l'on peut même qualifier de « biologisation », entraîne un fossé entre construction du savoir et scientificité. La réfutation, qui représente le domaine où la connaissance scientifique est corroborée, abandonne *de facto* le domaine de la scientificité à la réfutabilité. Mais parallèlement cette fracture s'oppose à l'étude historique des réfutations réussies mises en avant par Popper. A travers l'importance de la réfutation telle que le présente l'histoire, Popper justifie son critère de démarcation, la réfutabilité, par l'acte pratique et ceci paradoxalement, puisque ce dernier, par son faillibilisme, en avait été finalement écarté. *Agere* justifie pragmatiquement un concept potentiel, la réfutabilité, dont il est lui-même exclu et dont il est en même temps le produit accessoire.

Une interprétation logico-technique de la réfutabilité permet d'enrichir par la *tekhnê* l'aspect classique purement logique du critère de démarcation, et de l'orienter plus résolument vers *agere*. Cependant la prise en compte de la technique ne suffit manifestement pas pour construire un critère véritablement empirique, car dans ce contexte potentiel, la scientificité opère seulement comme un horizon asymptotique qui ne pourra être dépassé que par l'acte de réfutation.

La base empirique du critère de démarcation, fixée dans la potentialité des énoncés falsificateurs, comprise à rebours de la tradition, rompt avec la conception classique positiviste. En construisant la réfutabilité à partir de la seule empiricité des énoncés de base virtuels, Popper essaie de déplacer, de nouveau, le centre de gravité de *potentia* vers *agere*. Cependant en liant le contenu empirique potentiel d'une théorie à la corroborabilité, par analogie avec sa critique kantienne refusant tout raisonnement synthétique *a priori*, Popper veut « trop prouver⁹⁶⁸ ». Le contenu virtuel d'une théorie ne peut correspondre à son contenu pratique parce que Popper opère respectivement sur des univers d'expérience infinis et finis diamétralement opposés. Cette finitude expérimentale exigée par la corroboration montre

⁹⁶⁸ POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique* (1963), *op.cit.*, p. 147.

combien l'exigence formelle est inapplicable lors d'une recherche pragmatique de réfutation. En voulant trop prouver, Popper en oublie les données *ex post facto* qui ne peuvent faire de la corroboration autre chose que l'équivalence logique d'une réfutation ratée. Le seul succès empirique se trouve être dans la réfutation empirique et nulle part ailleurs. Popper, en ne respectant plus les réquisits fondamentaux du critère de démarcation, verse dans un vérificationnisme sophistiqué.

L'espoir résiderait-il dans la réfutabilité ? Hélas, le critère de démarcation poppérien est incapable de différencier science et non-science à partir du moment où est postulée une relation causale. C'est ainsi que de nombreuses disciplines reconnues comme pseudo-scientifiques telle l'astrologie causale ou la radiesthésie passent avec succès le test poppérien. La psychanalyse et le marxisme déterministes, emblématiques des travaux poppériens, passent aussi au crible de la réfutabilité. Si le critère n'est pas discriminant, c'est pour la raison même qu'il se développe dans la potentialité. Or, il n'existe pas de logique de la potentialité car cette dernière n'est pas une logique d'exclusion. Toute tentative discriminante entre science et non-science qui reposerait sur la seule analyse logique potentielle est vouée à l'échec. Le saut épistémologique d'*agere* vers *potentia* s'avère impossible et non avenu dans le domaine de la logique.

Dans la pratique, les directives poppériennes ne passent guère les déclarations d'allégeance ou d'intention des chercheurs et ne franchissent que bien rarement la porte des laboratoires, là où la science s'élabore. Bien que notre étude ait porté sur les seules expériences de Monod, il semble que la méthode qui guide les savants en contexte de découverte soit plus proche de celle de Feyerabend (« *anything goes* ») que des règles normatives de la réfutabilité et de la réfutation avec lesquelles les scientifiques les plus poppériens s'accommodent. En contexte de justification, la réfutation empirique ne se trouve

pas être exclusive, elle partage le terrain des démarches avec d'autres méthodes telles la vérification, la confirmation et la généralisation.

Cependant il faut reconnaître que l'épistémologie poppérienne fut très influente au cours de la seconde moitié du XXe siècle notamment auprès des biologistes. Nous y voyons plusieurs raisons. La première a été la simplicité apparente de la mise en œuvre de la méthodologie poppérienne, majoritairement assimilée par les scientifiques à la réfutation empirique. En quelques mots, il était aisé de présenter l'opération du *modus tollens* dont la forme logique ne laissait aucun doute sur la validité du critère. Qui plus est, cette méthode dérivée du paradigme physicaliste déductif nomologique, apportait toutes les garanties de rigueur et s'insérait bien dans une démarche globalement réductrice de la biologie à la physique. Elle correspondait aussi une réponse à un besoin méthodologique et de reconnaissances épistémique et sociale des sciences du vivant au cours d'une période historique de développement sans précédent. Monod n'affirmait-il pas qu'il avait découvert, à travers le fonctionnement des enzymes allostériques, « le second secret de la vie » ? La méthode poppérienne était aussi perçue comme novatrice sur le plan pratique et assez facile à mettre en œuvre. N'oublions pas aussi la force didactique du critère qui permet de faire toujours apparaître le déroulement d'une recherche comme la réfutation directe d'une ancienne théorie. Ajoutons à cela les effets de mode et la lutte au sein des laboratoires, comme l'a montré la « querelle cladistique » où le critère, argument institutionnalisé, a été utilisé pour essayer de gagner l'« épreuve de force ». D'ailleurs les enquêtes ont montré que la majorité des chercheurs se réclamant de Popper ne l'avaient jamais lu directement, et on peut penser qu'ils en méconnaissaient les subtilités de la réfutabilité potentielle.

Si la mise en évidence de l'inadéquation de l'épistémologie poppérienne, construite dans le paradigme typiquement mécaniciste, à la biologie, a dû attendre le début du XXIe siècle et les travaux de philosophes comme David Stamos, c'est justement parce que la

philosophie de la biologie balbutiait l'élaboration de ses propres concepts. Née véritablement dans les années 1970⁹⁶⁹, la philosophie de la biologie, se construit en révolte contre l'approche néopositiviste des sciences délimitée par les cadres déductif nomologique hempélien⁹⁷⁰ et réductionniste nagélien. Les premiers débats qui portaient sur la réductibilité et l'autonomie des théories biologiques, dont l'exemple type est celui des propriétés de l'hémoglobine⁹⁷¹, sont assez éloignés des questions poppériennes. Il faut dire que dans les années 1970, les positions poppériennes, qualifiant la théorie de l'évolution de programme métaphysique de recherche et de quasi tautologie, étaient déjà bien installées dans le monde de la philosophie des sciences. Cette position avait d'ailleurs été souvent approuvée par nombre de biologistes et s'est trouvée confortée indirectement par les travaux pionniers de Smart sur l'inexistence de lois en biologie. En absence de lois de l'évolution prédictives, il semblait impossible d'apposer le sceau de scientificité à la théorie de l'évolution. Bien que Popper se soit par la suite rétracté au prix d'un allègement substantiel des exigences prédictives de son système, là encore c'est le cadre hempéliano-poppérien qui a, dans un premier temps, opéré. Les premiers philosophes de la biologie, tels David Hull et Mickael Ruse puis Philip Kitcher, Alexander Rosenberg et Elliott Sober ont le plus souvent adapté le critère de démarcation sans toujours se soucier des remises en question opérées par leurs collègues plus généralistes (Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Paul Feyerabend, Paul Thagard, Adolf Grünbau et Lary Laudun). Se voyant refuser la scientificité d'une théorie essentielle à la compréhension du vivant, la biologie de l'évolution, qui a pourtant vue sa branche cladistique fendue en deux par les débats, a mené la fronde antipoppérienne. Ernst Mayr,

⁹⁶⁹ Voir BYRON Jason M., "Whence Philosophy of Biology?" in *British Journal for the Philosophy of Science*, 2007, n°58, pp. 409-422 et GAYON Jean, "Vitalisme et philosophie de la biologie" in *Repenser le vitalisme*, sous la direction de Pascal Nouvel, Paris, PUF, 2011, pp. 15-31.

⁹⁷⁰ On peut d'ailleurs faire un parallèle intéressant avec la révolte des historiens contre l'hégémonie hempélienne qui étend la validité de son modèle à l'ensemble des sciences historiques. William H. Dray, par exemple, rappellera que le premier travail de l'épistémologue ne doit pas être de réformer la pratique de l'historien en lui imposant des standards inadéquats venus d'ailleurs, mais plutôt d'identifier dans les modèles d'explication de l'histoire humaine, les standards qui y sont déjà à l'œuvre (1981).

⁹⁷¹ ROSENBERG Alexander, *The structure of Biological Science*, Cambridge, Cambridge University Press, 1985, chap. 4.

malgré une vision assez caricaturale de la réfutabilité poppérienne, a toujours œuvré contre son application à la biologie. Parallèlement à une étude serrée de l'argument tautologique de Popper (Alexander Rosenberg, Elliott Sober, Jean Gayon), l'accent a été mis sur le caractère fondamentalement historique et à ce titre contingent de la biologie (John Beatty), une biologie tiraillée entre loi et histoire. Notre étude s'est située à ce carrefour. Au-delà des recommandations de Stamos, elle nous a permis de comprendre comment la nomenclature binaire poppérienne (énoncés universels et énoncés singuliers) ne pouvait, en l'état, opérer en biologie, dont les généralisations théoriques et les récits historiques relèvent d'un troisième ensemble d'énoncés théoriques. Des théories toujours limitées dans l'espace et le temps comme l'ont montré les travaux de Guillaume Lecointre en biosystématique, et dont la recherche de réfutation empirique ne va pas toujours de soi. Et cela pour trois principales raisons : de par leur structure et leur contingence historique, les théories biologiques doivent être comprises comme des généralisations accidentelles qui ne répondent pas à la prédictivité du modèle déductif-nomologique hempéliano-poppérien ; n'étant pas des lois universelles au sens où on l'entend en physique, leur domaine de réfutation est limité spatio-temporellement ; il s'ensuit que les énoncés contradictoires n'auront pas l'évidence de simples énoncés de base mais seront plutôt des théories concurrentes.

Plus généralement, que reste-t-il du critère de démarcation ? Sans tenir compte de la réfutabilité, seules accèderaient à la scientificité les théories réfutées empiriquement par l'inférence du *modus tollens*, ce qui reconnaissons-le resterait assez frustrant : « - Votre théorie est scientifique, mais bon, il y a de fortes présomptions qu'elle soit fausse » (« falsificationnisme sophistiqué »). Le couperet discriminant de la réfutabilité s'est lui aussi fortement émoussé. Demeure sa capacité à éliminer du champ de la science les théories techniquement impossible à réfuter. Concrètement le bilan poppérien semble maigre, mais il n'est pas négligeable. En outre les travaux de Popper ont permis de clarifier de nombreux

concepts mais aussi d'insister sur les propriétés des systèmes théoriques et tout particulièrement leur propriété d'anticipation.

Selon Popper, c'est par sa capacité prédictive qu'une théorie permettra la mise en jeu du *modus tollens* autorisé par la loi. Cependant le modèle déductif-nomologique, en devenant le paradigme de toute science, enferme cette dernière dans un système restrictif aux antipodes de la variabilité des systèmes prédictifs, telle que l'on peut la rencontrer en science, notamment dans les sciences du vivant, où du fait de la prégnance du concept d'individu, les prédictions statistiques tiennent une place importante. La construction d'une typologie prédictive nous a permis non seulement de mettre en relief cette variabilité mais aussi de hiérarchiser d'un point de vue épistémique les systèmes théoriques. Car bien que des disciplines aussi variées que l'astrologie, le marxisme, la psychanalyse, la radiesthésie, la mécanique newtonienne, passent toutes avec succès au crible de la réfutabilité, il n'en est pas moins vrai qu'elles n'offrent pas les mêmes garanties épistémiques prédictives. Mais au-delà de l'existence d'un certain niveau prédictif, c'est la caractérisation de cette prédiction par le praticien, ou son absence, qui intéressera l'épistémologue. La capacité à définir les limites prédictives d'un système théorique est un élément important qui devrait être pris en compte dans la construction d'un critère de scientificité.

Envisager le critère de démarcation entre science et non-science comme un faux problème c'est ne pas avoir pris toute la mesure de l'importance de cette ligne de partage. Une ligne de partage tout d'abord pratique, nécessaire pour nos sociétés contemporaines du point de vue économique, social et éthique, mais aussi épistémologique, nécessaire pour caractériser l'activité même de ces milliers de chercheurs qui font la science. L'activité du scientifique se démarque des autres activités humaines ; être c'est être différent, c'est la différence qui fonde l'existence. Il s'agit d'une nécessité épistémologique parce qu'elle engage la raison même de l'existence de la science et au-delà des disciplines qui ont pour

objet son étude comme la philosophie des sciences. Il ne faudrait pas oublier, sans verser dans le scientisme, que la science est bien le rempart principal à l'irrationalisme, au dogmatisme et au scepticisme. Comme le rappelle Kuhn, « le comportement scientifique est, lorsqu'envisagé globalement, le meilleur modèle de la rationalité dont nous disposons⁹⁷² ». Et c'est en termes de comportement, d'attitudes, que nous devons comprendre la démarcation entre science et non-science.

Car l'aporie de la démarcation poppérienne, c'est aussi l'échec d'une épistémologie qui n'a cessé d'exclure, ou de contenir dans ses méthodes d'objectivation, une subjectivité pourtant présente à chaque étape de l'élaboration du savoir. Cet effacement du sujet, perçu comme condition absolue de possibilité de la science rationnelle, atteint son point d'orgue lors de l'élaboration poppérienne d'un critère qui se veut uniquement potentiel et se détourne de l'agir. L'idéal d'objectivation qui se cristallise dans le passage d'*agere* vers *potentia* est un échec d'une « épistémologie sans sujet connaissant » et totalement désincarnée. La reconnaissance du savant comme acteur de la recherche, à travers ses attitudes scientifiques, participe à la reconstruction d'un sujet pensant et finalement objectivant. La science n'est pas une connaissance essentielle qui préexisterait à l'activité du chercheur ou qui en est le simple produit, elle accompagne le sujet connaissant, c'est pourquoi elle est toujours en situation.

⁹⁷² KUHN Thomas S., «Notes on Lakatos» in R.C. Buck and R.S. Cohen, eds., PSA 1970. *In Memory of Rudolf Carnap*, Dordrecht, Reidel, *Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. 8, 1970, p.144.

BIBLIOGRAPHIE (ouvrages cités)

- ACKERMANN Robert John, *The philosophy of Karl Popper*, University of Massachusetts Press, Amherst, 1976.
- AGASSI Joseph & LAOR, Nataniel, "How ignoring repeatability leads to magic" in *Philosophy of Social Sciences*, 30 (4), 528–586, 2000.
- ALTERS Brian J., "Whose nature of science?" in *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 39–55, 1997.
- AO P., "Laws in Darwinian evolutionary theory" in *Physics of Life Reviews* Volume 2, Issue 2, June 2005, Pages 117 – 156.
- ARNAUD Antoine & NICOLE Pierre, *La logique ou l'art de penser (Logique de Port-Royal)* (1662), 3^e partie, ch. XIX, § 9, Edition Belin d'Alfred Fouillée, Paris.
- ASPECT Alain, *Trois tests expérimentaux des inégalités de Bell par mesure de corrélation de polarisation de photons*, thèse soutenue le 1er février 1983 devant André Maréchal, John Stewart Bell, Christian Imbert, Claude Cohen-Tannoudji, Bernard d'Espagnat et Franck Laloë.
- ARISTOTE, *Premiers analytiques*, II, 6, ch.23, trad. de Jules Tricot, Vrin, 1992.
- ARISTOTE, *Physique*, Livre III, trad. de Pierre Pellegrin, GF Flammarion, 2002.
- ARISTOTE, *Ethique à Nicomaque*, trad. par Richard Bodéüs, GF Flammarion, 2004.
- ARISTOTE, *Métaphysique*, trad. de Bernard Sichère, Agora, Pocket, 2007.
- BACHELARD Gaston, *Essai sur la connaissance approchée* (1928), Paris, Vrin, 2006.
- BACHELARD Gaston, *Le nouvel esprit scientifique* (1934), Paris, Vrin, 2003.
- BACHELARD Gaston, *La formation de l'esprit scientifique* (1938), Paris, Vrin, 2004.
- BARBEROUSSE A., KISTLER M., LUDWIG P., *La philosophie des sciences au XXe siècle*, Champs Université, Flammarion, 2000.
- BARNES Barry & BLOOR David, "Relativism, Rationalism and Sociology of Knowledge" in *Rationality and Relativism*, Nollis M. et Lukes S. (éds), Oxford, Blackwell, 1982.
- BEATTY John, "The Evolutionary Contingency Thesis", in G. Wolters and J. Lennox (eds.), *Concepts, Theories, and Rationality in the Biological Sciences: The Second Pittsburgh- Konstanz Colloquium in the Philosophy of Science*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1995, pp. 45-81.
- BENZI Claude et al., *The "Mars Effect" : A french test of over 1000 sports champions*, Prometheus Books, 1996.
- BENVENISTE et al., « Human basophil degranulation triggered by very dilute antiserum against IgE », in *Nature* vol. 333, juin 1988, p. 816.
- BERNARD Claude, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* (1865), Champs Flammarion, Paris, 1984.
- BERGSON Henri, *L'Évolution créatrice* (1907), PUF, 1962.
- BLOUNT Zachary D., BORLAND Christina Z., LENSKI Richard E. , "Historical contingency and the evolution of a key innovation in an experimental population of *Escherichia coli*" in *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (23), 2008, pp. 7899–7906.
- BOCK Walter J., "Philosophical foundations of classical evolutionary classification" in *Systematic zoology*, vol. 22, 1973, pp. 375-392.
- BOYER Alain, *Introduction à la lecture de Karl Popper*, Paris, Presses de l'École Normale Supérieure, 1994.
- BOYER Alain, « Parménide contre Héraclite » in *Sciences et avenir*, n°146, mars/avril 2006, pp. 54 à 58.
- BOYER Alain, « L'épistémologie darwinienne de Karl Popper » in *Philosophia scientiae*, 11 (1), 2007, p. 149 à 157.
- BOURDIEU Pierre, *Science de la science et réflexivité*, cours du collège de France 2000-2001, Editions Raisons d'Agir, 2001.
- BOUVERESSE Renée, *Karl Popper ou le rationalisme critique*, Paris, Vrin, 1998.
- BOUVERESSE Renée, « Une quête sans fin : le statut scientifique de la psychanalyse » in *Karl Popper et la science d'aujourd'hui*, Colloque de Cerisy, Aubier, 1989.
- BOUVERESSE Renée, BARREAU Hervé, *Karl Popper et la science d'aujourd'hui*, Colloque de Cerisy, Aubier, 1989.
- BRENNER Anastasios, *Les origines françaises de la philosophie des sciences*, PUF, Paris, 2003.
- BROCH Henri, *Au cœur de l'extra-ordinaire* (1991), collection zététique, Book-e-Book, 2010.
- BROCH Henri, *Cours de Zététique (1), Méthodologie Scientifique*, Université de Nice SOPHIA ANTIPOLIS, http://webs.unice.fr/site/broch/polycop_methodo.pdf
- BUC Henri, "Interactions between Jacques Monod and Jeffries Wyman", *Rend. Fis. Acc. Lincei*, s. 9, v.17 : 31-49, 2006.
- CANGUILHEM Georges, *Le normal et le pathologique* (1966), Paris, PUF, 2007.
- CARNAP Rudolf, *La Construction logique du monde* (1928), trad. d'Elisabeth Schwarz et Thierry Rivain, Paris, J. Vrin, 2002.

- CARNAP Rudolf, « Testability and Meaning » in *Philosophy of Science*, 3, 1936, et 4, 1937.
- CARNAP Rudolf, in NEURATH Otho, MORRIS C., and CARNAP Rudolf, eds., *International Encyclopedia of Unified Science*, 2 vols. Chicago, The University of Chicago Press, 1955.
- CARNAP Rudolf, *Logical Foundations of Probability* (1950), Chicago, The University of Chicago Press, 1950, (2e édition revue, 1962).
- CARNAP Rudolf, *Manifeste du Cercle de Vienne et autres écrits*, A. Soulez, dir., Paris, PUF, 1985.
- CARNAP Rudolf, *Les fondements philosophiques de la physique* (1966).
- CHALMERS Alan F., *Qu'est-ce que la science ?* (1976), traduit de l'anglais par Michel Biezunski, biblio essais, Le Livre de Poche, 1990.
- CHANGEUX Jean-Pierre, « Une thèse avec Jacques Monod », in *Les Origines de la biologie moléculaire : un hommage à Jacques Monod*, présenté par André Lwoff et Agnès Ullmann, Paris, Montréal, Etudes vivantes, 1980.
- CHAUVIRÉ Christiane, « Faillibilisme, hasard et logique de la découverte chez Peirce et Popper » in *Karl Popper et la science d'aujourd'hui*, Colloque de Cerisy, Aubier, 1989.
- COHEN-BAZIRE Germaine, « A la recherche du temps passé » in *Les Origines de la biologie moléculaire : un hommage à Jacques Monod*, présenté par André Lwoff et Agnès Ullmann, Paris, Montréal, Etudes vivantes, 1980.
- COHN Melvin, « In memoriam », in *Les Origines de la biologie moléculaire : un hommage à Jacques Monod*, présenté par André Lwoff et Agnès Ullmann, Paris, Montréal, Etudes vivantes, 1980.
- CIOFFI Franck, « Freud and the Idea of a Pseudo-Science » in Cioffi, F and Borger, R (ed), *Explanation in the Behavioural Sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, 1970, 471-473.
- CIOFFI Franck, « La psychanalyse est-elle une science ? » in *Le livre noir de la psychanalyse* (2005), sous la direction de Catherine Meyer, Les Arènes, 2010.
- COPPENS Yves, « L'East Side Story n'existe plus » in *La Recherche*, n°361, Février 2003, pp. 74 à 77.
- CREAGER Angela, GAUDILLIERE Jean-Paul, « Meanings in search of experiments and vice-versa : The invention of allosteric regulation in Paris and Berkeley, 1959-1968 in *Historical Studies in the physical and Biological Sciences*, Vol. 27, N° 1, pp. 1-89, 1996.
- DANCHIN Antoine, « Conjectures et réfutations » in *Les Origines de la biologie moléculaire : un hommage à Jacques Monod*, / présenté par André Lwoff et Agnès Ullmann, Paris, Montréal, Etudes vivantes, 1980.
- DARWIN Charles, *De l'origine des espèces par le moyen de la sélection naturelle* (1859), trad. de la 6^e éd. Anglaise par Edmond Barbier, Ancienne Librairie Schleicher, Alfred Costes Éditeur, Paris, 1921.
- DARLU Pierre et TASSY Pascal, *La reconstruction phylogénétique, concepts et méthodes* (1993), Paris, Masson, 2004.
- DEBRU Claude, *L'esprit des protéines, histoire et philosophie biochimiques*, Paris, Hermann, 1983.
- DEBRU Claude, *Philosophie moléculaire*, Monod, Wyman, Changeux, Paris, Vrin, 1987.
- DELEPORTE Pierre, « Parcimonie ou maximum de vraisemblance : mieux considérer les postulats pour en finir avec une querelle de sourds » in *Biosystema 22, Avenir et pertinence des méthodes d'analyse en phylogénie moléculaire*, 2004, pp. 15 à 23.
- DELISLE Richard, « La sélection naturelle à l'échelle cosmique » in *La recherche*, L'héritage de Darwin, n°33, p. 64 à 67, 2008.
- DERKSEN Anthony A., « The alleged unity of Popper's philosophy of science : falsifiability as fake cement », *Philosophical Studies*, 48, 1985.
- DERKSEN Anthony A. «The Seven Sins of Pseudo-Science», *Journal for General Philosophy of Science*, **24**, 17-42, 1993.
- DERKSEN Anthony A. «The Seven Strategies of the Sophisticated Pseudo-Scientist: A Look into Freud's Rhetorical Tool Box», *Journal for General Philosophy of Science*, **32**, 329-350, 2001.
- DE QUIEROZ Kevin, «The general lineage concept of species, species criteria, and the process of speciation : a conceptual unification and terminological recommendations» in Howard DJ, BerlocherSH (eds) *Endless forms: species and speciation*. Oxford University Press, New York, 1998, pp. 57-75.
- DE RICQLÈS Armand, Leçon Inaugurale au Collège de France, Chaire de biologie historique et évolutionnisme, lundi 6 mai 1996.
- DUPUIS Claude, La «systématique phylogénétique» de W. Hennig in *Cahiers des naturalistes*, vol. 34, 1978, pp.1 à 69.
- COMTE Auguste, *Discours sur l'ensemble du positivisme* (1848), Paris, G.F. Flammarion, 1998.
- DARWIN Charles, *L'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle ou la Lutte pour l'existence dans la nature* (1859), trad. de l'édition anglaise définitive par Ed. Barbier, Paris, 1882.
- DE DUVE Christian, *Vital Dust: Life As a Cosmic Imperative*, BasicBooks, New-York, 1995.
- DE MIJOLLA Alain, *Dictionnaire international de la psychanalyse*, Hachette, 2005
- DHOMBRES Jean, KREMER-MARIETTI Angèle, *L'épistémologie : état des lieux et positions*, Paris, ellipses 2006.

- DORLING Jon, « Bayesian Personalism, Falsificationism, and the Problem of Induction » in *Proceedings of the Aristotelian Society*, Supplementary Volumes, Vol. 55, 1981, pp.109-125.
- DRAY William H., *La philosophie de l'histoire*, Ottawa, Éditions de l'Université d'Ottawa, 1981.
- DUHEM Pierre, *La théorie physique, son objet, sa structure* (1906), Vrin, Paris, 1981.
- DURIS Pascal & GOHAU Gabriel, *Histoire des sciences de la vie* (1997), Paris, Belin, 2011.
- DUSCHESNEAU François, *Genèse de la théorie cellulaire*, Montréal, Bellarmin et Paris, Vrin, 1987.
- DUSCHESNEAU François, *Philosophie de la biologie*, Paris, P.U.F., 1997.
- ENGELMANN G.F., WILEY Edward O., « The place of ancestor-descendant relationships in phylogeny reconstruction » in *Systematic zoology*, vol. 26, 1977, pp. 1-11
- EINSTEIN Albert, *La relativité*, Petite bibliothèque Payot, n° 62, 1956.
- EINSTEIN Albert, *Oeuvres choisies, 2 : Relativité I*, trad. de Françoise Ballibard, Paris, Le Seuil/CNRS, 1993.
- ENGELS Friedrich (1878), *Anti-Dürhing*, Editions Sociales, Paris, 1973.
- FAGOT-LARGEAULT Anne, « L'ordre vivant » in *Philosophie des sciences*, Gallimard, folio essais, 2002.
- FAITH Dan P., « Corroboration : comment la philosophie de Popper fournit un cadre constructif pour la systématique » in *Biosystema* 24, *Philosophie de la systématique*, 2005, pp. 107 à 114.
- FANTINI Bernardino, « Jacques Monod et les origines de la biologie moderne » in *La Recherche*, N° 218 Février 1990, pp 180 à 187.
- FANTINI Bernardino, Jacques Monod, Pour une éthique de la connaissance, textes réunis et présentés par Bernardino Fantini, Editions La Découverte, Paris, 1988.
- FARRIS, James S., « The logical basis of phylogenetic analysis » in Platnick N. & Funk V. (eds.), *Advances in cladistics* 2, pp. 7-36, Columbia Univ. Press, New York, 1983.
- FEYERABEND Paul, « Explanation, Reduction and Empiricism », in *Scientific Explanation, Space and Time, Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol.3, H. Feigl et G. Maxwell éd., 1952, pp. 27-92.
- FEYERABEND Paul, *Contre la méthode* (1975), trad. Baudouin Jurdant et Agnès Schlumberger, Paris, Collection Points Sciences, Le Seuil, 1988.
- FITZHUGH Kirk, « Les bases philosophiques de l'inférence phylogénétique : une vue d'ensemble », in *Biosystema* 24, 2005, pp. 83 à 106.
- FOUCAULT Michel, *Les mots et les choses*, Paris, Editions Gallimard, collection *tel*, 1966.
- FREUD Sigmund, *L'interprétation des rêves* (1899), traduction de Denise Berger, Paris, P.U.F., 1964.
- FREUD Sigmund, *Cinq leçons de psychanalyse* (1909), traduction de l'Allemand par Yves Le Lay, 1921, Paris, Éditions Payot, 1965.
- FREUD Sigmund, *Introduction à la psychanalyse* (1917), traduction de S. Jankélévitch, Petite Bibliothèque Payot, 1998.
- FREUD Sigmund, *Abrégé de psychanalyse* (1938), traduction d'Anne Berman, Paris, P.U.F., 1964.
- FREUD Sigmund, *Psychanalyse*, Textes choisis, Paris, P.U.F., 1975.
- FUZEAU-BRAESCH Suzel, *Astrologie : la preuve par deux*, Robert Laffont, 1992, p. 209.
- GAFFNEY Eugene S., « A phylogeny and classification of the higher categories of turtles » in *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.* 1975, 155, pp. 391 à 436.
- GAFFNEY Eugene S., « An introduction to the logic of phylogeny reconstruction » in *Phylogenetic analysis and paleontology* (J. Cracraft and N. Eldredge, eds.). Columbia University Press, New York, 1979, pp.79-111.
- GARCIA E. Carlos, *Popper's Theory of Science : An Apologia* (1988), Continuum Studies in Philosophy, 2006.
- GAUDILLIÈRE Jean-Paul, « J. Monod, S. Spiegelman et l'adaptation enzymatique. Programmes de recherche, cultures locales et traditions disciplinaires » in *Hist. Phil. Life Sci.*, vol. 14, 1992, pp. 23-71.
- GAUDILLIÈRE Jean-Paul, CREAGER Angela, « Meanings in search of experiments and vice-versa : The invention of allosteric regulation in Paris and Berkeley, 1959-1968 in *Historical Studies in the physical and Biological Sciences*, Vol. 27, N° 1, pp. 1-89, 1996.
- GAUDILLIÈRE Jean-Paul, « Molecular biology in the French tradition? Redefining local traditions and disciplinary patterns » in *Journal of the History of Biology*, 26 (1993), pp. 473-498.
- GAUQUELIN Michel, *La vérité sur l'astrologie*, éditions du Rocher, 1984.
- GAYON Jean, « La biologie entre loi et histoire » in *Philosophie*, vol. 38, 1989, p. 30 à 57.
- GAYON Jean, *Darwin et l'après-Darwin : une histoire de l'hypothèse de la sélection naturelle*, Editions KIMÉ, Paris, 1992.
- GAYON Jean, « Evolution et philosophie » in *Revue Philosophique*, n°3- Août 2004, p. 291 à 298.
- GAYON Jean, « De la biologie comme science historique » in *Actualité de Cournot* sous la direction de Thierry Martin, Paris, Vrin, 2005, pp. 87 à 108.
- GAYON Jean, « De la biologie comme science historique » in *Sens Public* : <http://www.sens-public.org/spip.php?article32>, 2007.
- GAYON Jean, « Actualité du darwinisme » in *Bulletin de la Société Française de Philosophie*, 103^e année, n°4, Octobre-Décembre 2009, pp. 1 à 35.

- GHISELIN, Michael T., "A Radical Solution to the Species Problem" in *Systematic Zoology*, 1974, pp. 536 à 544.
- GHISELIN Michael, "Individuality, history and laws of nature in biology" in Michael R (ed) *What the philosophy of biology is*, Kluwer, Dordrecht, 1989, pp. 53–66.
- GODREY-SMITH Peter, *Theory and Reality: An Introduction to the Philosophy of Science*, Chicago, The University of Chicago Press, 2003.
- GOODMAN Nelson, *Fact, Fiction and Forecast*, Harvard University Press, Cambridge Massachusetts and London England, 1983.
- GOUJET Daniel et TASSY Pascal, « Paléontologie et cladisme : l'état des relations » in *GEOBIOS, M.S. n°20*, 1999, pp. 283 à 290.
- GRANT Taran, KLUGE Arnold G. "Transformation series as an ideographic character concept" in *Cladistics* 20, 2004, pp. 23 à 31.
- GRÜNBAUM Adolf, *La psychanalyse à l'épreuve* (1984), traduit de l'anglais (USA) par Joëlle Proust, Édition de l'Éclat, 1993.
- HABERMAS Jürgen, *La technique et la science comme « idéologie »* (1968), trad. de l'Allemand par Jean-René Ladmiral, tel Gallimard, 1973.
- HABERMAS Jürgen, *Connaissance et intérêt* (1968), traduit de l'allemand par Gérard Cléménçon, postface traduite par Jean-Marie Brohm, Paris, Gallimard, 1979.
- HACKING Ian, *An Introduction to Probability and Inductive Logic*, New York, Cambridge University Press, 2001.
- HACOHEN Malachi Haim, *Karl Popper – The Formative Years, 1902-1945. Politics and Philosophy in Interwar Vienna*, New York, Cambridge University Press, 2000.
- HAMILTON Andrew, Laws of Biology, Laws of Nature: Problems and (Dis)Solutions, *Philosophy Compass* 2/3 (2007): 592–610.
- HANSON Norwood R., *Patterns of Discovery*, New York, Cambridge University Press, 1958.
- HANSON Norwood R., "La logique de la découverte" in JACOB Pierre, *De Vienne à Cambridge, l'héritage du positivisme logique*, Paris, tel Gallimard, 1980, pp. 447 à 468.
- HELFENBEIN Kevin G. et DESALLE Rob, "Falsifications and corroborations : Karl Popper's influence on systematics", in *Molecular Phylogenetics and Evolution* 35, 2005, pp. 271 à 280.
- HEMPEL Carl G., « Les critères empiristes de la signification cognitive : problèmes et changements » (1965), in HEMPEL Carl G., *Éléments d'épistémologie* (1966), traduction de *Philosophy of Natural Science* (1966) par Bertrand Saint-Sernin, Librairie Armand Colin, Paris, 1972.
- HENNIG Willi, *Phylogenetic Systematics* (1966) translated by D. Dwight Davis and Rainer Zangerl, University of Illinois Press, 1999.
- HERSCHEL John F.W., *A preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy*, London, Longman, 1830; facsimile reprod. Chicago, UCP, 1987.
- HORECKER B.L., « Perméases et autres sujets », in *Les Origines de la biologie moléculaire : un hommage à Jacques Monod*, / présenté par André Lwoff et Agnès Ullmann, Paris, Montréal, Etudes vivantes, 1980.
- HUME David, *Traité de la nature humaine* (1739), trad. de Philippe Baranger et Philippe Saltel, Paris, GF-Flammarion, 1995.
- HULL David L., *Science as a process. An evolutionary account of the social and conceptual development of science*. The University of Chicago Press, Chicago, 1988.
- HULL David L., "The Ontological Statuts of Species as Evolutionary Units"(1977) in *Philosophy of Biology* edited by Michael Ruse, 1998, pp. 146 à 155.
- HULL, David L., "The Use and Abuse of Sir Karl Popper" in *Biology and Philosophy* 14, 1999, pp. 481 à 504.
- HUNEMAN Philippe, « Vie, vitalisme et émergence : une perspective contemporaine » in *Repenser le vitalisme*, sous la direction de Pascal Nouvel, Paris, PUF, 2011.
- JACOB François, MONOD Jacques, « Gènes de structure et gènes de régulation dans la biosynthèse des protéines », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, 249,1959, pp. 1282-1284.
- JACOB François, Conférence Nobel faite le 11 décembre 1965. © Fondation Nobel, 1966.
- JACOB François, *La logique du vivant, une histoire de l'hérédité*, Gallimard, Paris, 1970.
- JACOB François, « Le Temps des modèles » in *Les Origines de la biologie moléculaire : un hommage à Jacques Monod*, présenté par André Lwoff et Agnès Ullmann, Paris, Montréal, Etudes vivantes, 1980.
- JACOB François, *La statue intérieure*, Editions Odile Jacob, Paris, 1987.
- JACOB François, *Travaux scientifiques de François Jacob, présentés par Nadine Peyrieras et Michel Morange*, Editions Odile Jacob, Paris, 2002.
- JACOB Pierre, *De Vienne à Cambridge, l'héritage du positivisme logique*, Paris, tel Gallimard, 1980.
- JACOB Maurice, *Au cœur de la matière*, Editions Odile Jacob, Paris, 2001.
- JANVIER Philippe, TASSY Pascal et THOMAS H., « Le cladisme » in *La Recherche*, 11 (117), 1980, pp. 1396-1406.

- JOSEPHSON John R. & Susan G., *Abductive Inference : Computation, Philosophy, Technology*. Cambridge University Press, Cambridge, 1994.
- JUDSON F. Horace, *The Eighth Day of Creation : The Makers of the Revolution in Biology*, Jonathan Cape Ltd. 1979.
- KANNELW.B., DAWBER T.R., KAGAN A., REVOTSKIE N., STOKES J., *Factors of risk in the development of coronary heart disease—six-year follow-up experience: the Framingham Study*, *Ann Intern Med*, 1961;55:33-50.
- KANT Emmanuel, *Prolégomènes à toute métaphysique future qui pourra se présenter comme science* (1783), trad. de L. Guillermit, Paris, Vrin, 1993.
- KANT Emmanuel, *Critique de la raison pure* (1781), traduction de A. Tremesaygues et B. Pacaud, Paris, 6^{ième} édition, Quadrige, P.U.F., 1944, 2001.
- KEUTH Herbert, *The Philosophy of Karl Popper* (2000), English translation, Cambridge University Press, 2005.
- KITCHER Philip, “Species” in *Philosophy of Science*, vol. 51, 1984, pp. 308 à 333.
- KITTS, D.L., “Karl Popper, verifiability, and systematic zoology” in *Syst. Zool.*, vol 26, 1977, pp. 185 à 194.
- KLUGE Arnold G., “A concern for evidence and a phylogenetic hypothesis of relationships among Epicrates (Boidae, Serpentes)” in *Systematic Zoology*, 38, 1989, pp.7–25.
- KLUGE Arnold G., « Explanation and Falsification in Phylogenetic Inference : Exercices in Popperian Philosophy » in *Acta Biotheor* 57, 2009, pp.171 à 186.
- KUHN Thomas S., *La structure des révolutions scientifiques* (1962), trad. Laure Meyer, Paris, Champs Flammarion, 1983.
- KUHN Thomas S., «Notes on Lakatos» in R.C. Buck and R.S. Cohen, eds., PSA 1970. *In Memory of Rudolf Carnap*, Dordrecht, Reidel, *Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. 8, 1970, p.137-146.
- KUHN Thomas S., “Logic and psychology of discovery” in *The Philosophy of Karl Popper*, The Library of Living Philosophers, edited by Paul Arthur Schilpp, 1974, p. 797 à 819.
- KUHN Thomas S., *The Road Since Structure*, J. Conant et J. Haugeland (éd.), University of Chicago Press, 2000.
- LADRIERE Jean, “Le problème de la démarcation entre science et philosophie”, in *Karl Popper et la science d'aujourd'hui*, Colloque de Cerisy, Aubier, 1989.
- LAKATOS Imre, “Criticism and the Methodology of Scientific Research Programmes” in *Proceedings of the Aristotelian Society*, 69, 1968, p. 149-186.
- LAKATOS Imre, “Popper on demarcation and induction” (1969) in *The Philosophy of Karl Popper*, The Library of Living Philosophers, edited by Paul Arthur Schilpp, 1974, p. 241 à 273.
- LAKATOS Imre, “La falsification et la méthodologie des programmes de recherche scientifiques” (1970) in *Histoire et méthodologie des sciences*, trad. fr. Paris, PUF, 1996, pp.1 à 146.
- LAKATOS Imre, “Histoire des sciences et ses reconstructions rationnelles” (1971) in *Histoire et méthodologie des sciences*, trad. fr. Paris, PUF, 1996, pp.185 à 241.
- LAKATOS Imre, *Histoire et méthodologie des sciences* (1978), trad. fr. Paris, PUF, 1996.
- LALANDE André, *Vocabulaire technique et critique de la philosophie* (1926), Paris, collection Quadrige, PUF, 2002.
- LAMARCK Jean-Baptiste, *Philosophie zoologique*, Paris, Editeur Dentu, 1809.
- LATOUR Bruno, *La science en action* (1987), trad. de Michel Biezunski, Editions La Découverte, 2005.
- LAUDAN Larry, *La dynamique de la science* (1977), Bruxelles, Pierre Mardaga Editeur, 1987.
- LAUDAN Larry, *Science and Hypothesis, historical essays on scientific methodology* (1981), D. Reidel Publishing Company, Dordrecht : Holland / Boston : USA / London : England, 2010.
- LAUDAN Larry, “The Demise of the Demarcation problem”, in R.S. Cohen and L. Laudan, eds., *Physics, Philosophy, and Psychoanalysis* (Dordrecht : Reidel, 1983) pp. 111-127, repris dans RUSE Michael, PENNOCK Robert T., *But is it Science ?* New York, Updated edition, Prometheus Books, 2009, p. 312 à 330.
- LEBRUN Gérard, *Kant et la fin de la métaphysique*, Paris, Le Livre de Poche, 2003.
- LECOINTRE Guillaume, « Dialogue généticiens/systématiciens : une culture du quantitatif contre celle du qualitatif ? » in *Biosystema* 15, 1997, pp. 7 à 20.
- LECOINTRE Guillaume, Le GUYADER Hervé, *La classification phylogénétique du vivant*, Paris, Belin, 2001.
- LECOINTRE Guillaume, “Quelles stratégies pour l’ichtyologie ?” in *Cybium* 28(1) suppl., 2004, p.5 à 8.
- LECOINTRE Guillaume, “Le statut de la parcimonie” in *Biosystema* 22, 2004, p.7 à 14.
- LECOINTRE Guillaume, « Des objets chargés d’histoire » in *Sciences et avenir*, n°146, mars/avril 2006, pp. 68 à 72.
- LECOINTRE Guillaume, « Filiation » (chap. 8) in *Les mondes darwiniens. L’évolution de l’évolution*, Paris, Syllepse, sous la direction de Thomas Heams, Philippe Huneman, Guillaume Lecointre, Marc Silberstein, 2009.

- LECOINTRE Guillaume, « Récit de l'histoire de la vie ou De l'utilisation du récit », (chap. 17) in *Les mondes darwiniens. L'évolution de l'évolution*, Paris, Syllepse, sous la direction de Thomas Heams, Philippe Huneman, Guillaume Lecointre, Marc Silberstein, 2009.
- LECOURT Dominique, *L'Amérique entre la Bible et Darwin* (1992), Paris, PUF édition « Quadrige », 2007.
- LECOURT Dominique, *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences* (1999), Paris, PUF, Grands dictionnaires, édition « Quadrige », 2003.
- LECOURT Dominique, *La philosophie des sciences* (2001), P.U.F. « Que sais-je ? », 2006 (3^e éd.).
- LECOURT Dominique, « Les dessous du “dessein intelligent” » in *La Recherche* N° 396, avril 2006, p. 32 à 35.
- LEFEBVRE Henri, *Le marxisme*, P.U.F. « Que sais-je ? », 2003 (23^e éd.).
- LEPELTIER Thomas, *Darwin hérétique*, Paris, Editions du Seuil, 2007.
- LEWONTIN Richard C, « Units of selection », *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1, 1970, p. 1-18.
- LWOFF André, « Sur le prétendu principe de falsification de Karl Popper et sur quelques divagations logomachiques » in *La Recherche*, n° 142, mars 1983, p. 368 et 369.
- MAGEE Bryan, *Philosophy and the Real World*, an Introduction to Karl Popper (1973), Open court, La Salle, Illinois, 1994.
- MAGEE Bryan, *Popper*, Glasgow, Fontana/Collins, 1975.
- MAJOR René et TALAGRAND Chantal, *Freud*, Gallimard, coll. « Folio biographies », 2006.
- MALHERBE Jean-François, *La philosophie de Karl Popper et le positivisme logique*, PUF, 1976.
- MALHERBE Jean-François, « Karl Popper et Claude Bernard » in *Dialectica*, vol. 35, pp. 373-388, déc. 1981
- MALOLO DISSAKÈ Emmanuel, *Langage, Falsificationnisme et science objective*, Paris, PUF, 2004.
- MAYR Ernst, “Darwin’s five theories of evolution” in *The Darwinian Heritage*, D. Kohn (ed.) Princeton : Princeton University Press, 1985, pp.755-772.
- MAYR Ernst, *Histoire de la biologie, Diversité, évolution et hérédité* (1982), trad. de Marcel Blanc, Paris, Fayard, 1989.
- MAYR Ernst, *Qu'est-ce que la biologie ?* (1997), trad. de Marcel Blanc, Fayard, 1998.
- MAYR Ernst, *Après Darwin, la biologie une science pas comme les autres* (2004), trad. A. Partaix et N. Chevassus-au-Louis, Dunod, 2006.
- MARX Karl, *Le capital* (1867), trad. de J. Roy, Paris, Garnier-Flammarion, 1969.
- MATILE Loïc, TASSY Pascal, GOUJET Daniel, *Introduction à la systématique zoologique* (1987), *Biosystema* 1, SFS, 2004.
- MAXWELL Grover, “Corroboration without demarcation” in *The Philosophy of Karl Popper*, The Library of Living Philosophers, edited by Paul Arthur Schilpp, 1974.
- MAXWELL Grover, “Induction and Empiricism:A Bayesian-Frequentist Alternative” in *Induction, Probability and Confirmation*, University of Minnesota, 1975.
- MCSHEA Daniel & BRANDON Robert, *Biology's First Law: The Tendency for Diversity and Complexity to Increase in Evolutionary Systems*, University of Chicago Press, 2010.
- MILLER David, « The Objectives of Science » in *Karl Popper, un philosophe dans le siècle, Philosophia Scientiae*, Editions KIMÉ, Vol. 11, Cahier 1, 2007.
- MONOD Jacques, COHN Melvin, *Adv. Enzymol.*, 13, 1952, pp. 67-119.
- MONOD Jacques, COHEN-BAZIRE Germaine, « L'effet inhibiteur spécifique des β -galactosides dans la biosynthèse `constitutive' de la β -galactosidase chez *E. Coli* », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, 236, 1953, pp. 417-419.
- MONOD Jacques et COHN Melvin, « Specific Inhibition and Induction of Enzyme Biosynthesis » in Gale Davis (eds.), *Adaptation in Microorganisms*. Third Symposium of the Society for General Microbiology, London : April 1953, Cambridge University Press.
- MONOD Jacques, WYMAN Jeffries, CHANGEUX Jean-Pierre, « On the Nature of Allosteric Transitions : A Plausible Model » in *Journal of Molecular Biology*, 12, pp. 88-118, 1965.
- MONOD Jacques, Conférence Nobel faite le 11 décembre 1965. © Fondation Nobel, 1966.
- MONOD Jacques, *Le Hasard et la nécessité*, Paris, Editions du Seuil, 1970.
- MORANGE Michel, *Histoire de la biologie moléculaire* (1994), Paris, La Découverte, 2003.
- MORANGE Michel, *Les mousquetaires de la nouvelle biologie : Monod Jacob Lwoff, Pour la Science*, n°10, février 2002.
- MORGAN Gregory J., « Laws of biological design: a reply to John Beatty », *Biol Philos* (2010) 25:379–389.
- MULKAY Michael & GILBERT G. Nigel, “Putting Philosophy to Work: Karl Popper's Influence on Scientific Practice” in *Philosophy of the Social Sciences*, 11 :3, 1981, pp. 389 à 407.
- NADEAU Robert, « Popper, Hayek et la question du scientisme », *Cahiers d'épistémologie*, Montréal, Université du Québec à Montréal, Département de philosophie, 1985. Repris dans *Manucristo*, IX, 2 (octobre 1986), pp.125 à 156.
- NADEAU Robert, « La philosophie des sciences après Kuhn » in *Philosophiques* XXI, n° 1, 1994, pp. 159-189.
- NADEAU Robert, *Vocabulaire technique et analytique de l'épistémologie*, Paris, PUF, 1999.

- NAGEL Ernest, *The Structure of Science*, Harcourt, Brace and World, Inc., New York, 1961.
- NELSON Gareth, "Ontogeny, phylogeny, paleontology, and the biogenetic law" in *Syst. Zool* 27, 1978, pp. 324–345
- NELSON Gareth, PLATNICK Norman I., *Systematics and biogeography: cladistics and vicariance*. Columbia University Press, New York, 1981.
- NOUVEL Pascal, *L'art d'aimer la science, psychologie de l'esprit scientifique*, Paris, PUF, 2000.
- PARDEE Arthur, JACOB François, MONOD Jacques, « Sur l'expression et le rôle des allèles « inductible » et « constitutif » dans la synthèse de la β -galactosidase chez des zygotes d'Escherichia Coli », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, 246, 1958, pp. 3125-3127.
- PARDEE Arthur, "L'expérience PaJaMa", in *Les Origines de la biologie moléculaire : un hommage à Jacques Monod* / présenté par André Lwoff et Agnès Ullmann, Paris, Montréal, Etudes vivantes, 1980.
- PATTERSON C., "Morphological characters and homology" in *Problems of Phylogenetic Reconstruction*, Joysey, K.A., Friday, A.E. (Eds.), Academic Press, London, 1982, pp. 21 - 74.
- PATTERSON C., "Verifiability in Systematics" in *Systematic zoology*, vol. 27, pp. 218 à 222.
- PEIRCE Charles S., *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*, Hartshorne, Weiss & Burks eds., Harvard University Press, Cambridge, 1958.
- PEIRCE Charles S., *Philosophical writings of Peirce*, Justus Buchler, Dover publications, 1955.
- PENNOCK Robert T., "Can't Philosophers tell the Difference between Science and Religion ? Demarcation Revisited" in RUSE Michael, PENNOCK Robert T., *But is it Science ?* New York, Updated edition, Prometheus Books, 2009, p. 536 à 577.
- PEYRIERAS Nadine, MORANGE Michel, "The study of lysogeny at the Pasteur Institute (1950–1960): an epistemologically open system" in *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, Volume 33, Issue 3, September 2002, Pages 419-430.
- PICHOT André, *Histoire de la notion de vie*, Paris, Gallimard tel, 1993.
- PIMBÉ Daniel, *L'explication interdite, Essai sur la théorie de la connaissance de Karl Popper*, Paris, L'Harmattan, 2009.
- PICHOT André, *La Naissance de la science*. Tome 1 : Mésopotamie, Égypte, Gallimard, coll. « Folio Essais », 1991.
- PLATNICK Norman I., GAFFNEY Eugene S., "Book review" in *Systematic zoology* 27, 1978, pp. 218 à 222.
- PLATNICK Norman I., "Philosophy and the transformation of cladistics" in *Syst Zool* 28, 1979, pp. 537–546.
- POINCARÉ Henri, *Calcul des probabilités* (1896), Paris, Editions Jacques Gabay, 1987.
- POPPER Karl R., *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance* (1932), trad. de Christian Bonnet, Paris, Hermann, 1999.
- POPPER Karl R., *La logique de la découverte scientifique* (1934), trad. De N. Thyssen- Rutten et P. Devaux, Bibliothèque scientifique Payot, 1973, 1989.
- POPPER Karl R., *The logic of scientific discovery* (1934), Harper Torchbook, Harper and Row, New York, 1959, 1968.
- POPPER Karl R., *La société ouverte et ses ennemis, L'ascendant de Platon* (1945), trad. de Jacqueline Bernard et Philippe Monod, Paris, Editions du Seuil, 1979.
- POPPER Karl R., *La société ouverte et ses ennemis, Tome 2 Hegel et Marx* (1945), trad. de Jacqueline Bernard et Philippe Monod, Paris, Editions du Seuil, 1979.
- POPPER Karl R., *Misère de l'historicisme* (1956), trad. d'Hervé Rousseau, révisée par Renée Bouveresse, Paris, Editions Plon, collection Agora, 1988.
- POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique I, Le réalisme et la science* (1956), Paris, Hermann, 1982, 1990.
- POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique II, L'Univers irrésolu, Plaidoyer pour l'indéterminisme* (1982), Paris, Hermann, 2008.
- POPPER Karl R., « La démarcation entre la science et la métaphysique » (1956) in JACOB Pierre, *De Vienne à Cambridge, l'héritage du positivisme logique*, tel Gallimard, 1980.
- POPPER Karl R., *Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique* (1963), trad. de Michelle-Irène et Marc B. de Launay, Paris, Payot, 2006.
- POPPER Karl R., "Normal Science and its Dangers" in *Criticism and the Growth of Knowledge*, Edited by Imre Lakatos & Alan Musgrave, Cambridge university Press, 1970, p.51-58.
- POPPER Karl R., *La connaissance objective* (1972), trad. de Jean-Jacques Rosat, Champs Flammarion, © Aubier 1991, 1998.
- POPPER Karl R., *La quête inachevée* (1974), trad. de Renée Bouveresse, Paris, Calmann-Lévy, 1981.
- POPPER Karl R., "Replies to my critics" in *The Philosophy of Karl Popper*, The Library of Living Philosophers, edited by Paul Arthur Schilpp, 1974.
- POPPER Karl R., « Natural Selection and the Emergence of Mind » in *Dialectica*, Vol. 32, Fasc. 3-4, 1978, pp. 339 à 365.

- POPPER Karl R., ECCLES John C. (1979), *The self and its brain : An Argument for Interactionism*, Springer International.
- POPPER Karl R., "Letter to the Editor" in *New Scientist*, v. 87, 1980.
- POPPER Karl R., *A la recherche d'un monde meilleur* (1984), trad. de Jean-Luc Evard, Edition du Rocher, Monaco, 2000.
- POPPER Karl R., *Un univers de propensions* (1990), trad. d'Alain Boyer, Combas, Editions de l'éclat, 1992.
- POPPER Karl R., *Toute vie est résolution de problèmes* (1994), trad. de Claude Duverney, ACTES SUD, 1997.
- QUINE Willard V. O., "Les deux dogmes de l'empirisme", trad. de Pierre Jacob, *De Vienne à Cambridge, l'héritage du positivisme logique de 1950 à nos jours*, Paris, Gallimard, 1996.
- REINCHENBACH Hans, *Experience and Prediction* (1938), Chicago, University of Chicago Press.
- REICHENBACH Hans, *The Direction of Time* (1956), Berkeley, University of California Press, 1991.
- RESNIK David B., "A pragmatic approach to the demarcation problem" in *Studies in History and Philosophy of Science*, 31(2), 249–267, 2000.
- RIEPPPEL Olivier, "Popper and Systematics" in *Systematic zoology*, vol. 52, 2003, pp. 259 à 271.
- RUSE Michael, "Karl Popper Philosophy of Biology", *Philosophy of Science* 44, n°4, 1977, p. 638 à 661.
- RUSE Michael, *Philosophy of Biology*, New York, Prometheus Books, 1998.
- RUSE Michael, PENNOCK Robert T., *But is it Science ?* New York, Updated edition, Prometheus Books, 2009.
- ROSENBERG Alexander, *The structure of Biological Science*, Cambridge, Cambridge University Press, 1985.
- ROSENBERG Alexander, "From Reductionism to Instrumentalism", in M. Ruse (ed.), *What the Philosophy of Biology Is*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1989, pp. 245-262.
- ROSENBERG Alexander, *Instrumental Biology or the Disunity of Science*. Chicago: University of Chicago Press, 1994.
- SALAZAR Pascal, « De l'argumentation darwinienne à l'épistémologie évolutionniste – critique de l'argumentation biologique de Karl Popper » in *Fundamenta Scientiae*, V. 9, N°1, p. 97 à 116.
- SALMON Wesley C., *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*, Princeton University Press, Princeton, 1984.
- SCHLICK Moritz, « Meaning and verification » in *Philosophical Review*, vol. XLV, sect. 1, 1936.
- SECORD Ross *et al.*, "Evolution of the Earliest Horses Driven by Climate Change in the Paleocene-Eocene Thermal Maximum" in *Science*, 24 February 2012, Vol. 335 no. 6071 pp. 924-925.
- SHAPIRO Lawrence A., « Multiple realizations » in *Journal of Philosophy*, n° 97, 2000, pp. 635–654;
- SMART John Jamieson Carswell, *Philosophy and Scientific Realism*, London, Routledge & Kegan Paul, 1963.
- SCHAFFNER Kenneth, "Logic of Discovery and Justification in Regulatory Genetics" in *Stud. Hist. Phil. Sci.* 4, 349, 1974.
- SOLER Léna, *Introduction à l'épistémologie*, Paris, Ellipses, 2000.
- SOBER Elliott, *The Nature of Selection : Evolutionary Theory in Philosophical Focus*, The MIT Press, Cambridge, 1985.
- SOBER Elliott, *Reconstructing the past*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1988.
- SOBER Elliott, "Testability" in *Proceedings and Addresses of The American Philosophical Association*, 73, 47-76, 1999.
- SOBER Elliott, "What is Wrong with Intelligent Design ?" in *Quarterly Review of Biology*, vol. 82, n°1, Copyright © 2007 by The University of Chicago, 2007.
- SOULEZ Antonia, "Le problème de la démarcation de la métaphysique et de la science dans le débat de Popper avec Carnap : La "clarté critique" face à la précision dans les mots" in *Karl Popper et la science d'aujourd'hui*, Colloque de Cerisy, Aubier, 1989.
- STAMOS David N., «Popper, Falsifiability, and Evolutionary Biology" in *Biology and Philosophy*, 11, 1996, pp. 161 à 191.
- STAMOS David N., « Popper, Laws, and the Exclusion of Biology from Genuine Science », in *Acta biotheoretica*, vol. 55, issue 4, 2007, p. 357 à 375.
- THAGARD Paul R., *Why Astrology Is A Pseudoscience*, In *PSA 1978 Volume 1*, edited by P.D. Asquith and I. Hacking (East Lansing: Philosophy of Science Association, 1978).
- THAGARD Paul R., *Computational Philosophy of Science* (Cambridge, MA: MIT Press), 1988.
- TOURNIER François, « Un retournement dans la philosophie de K.R. Popper » in *PHILOSOPHIQUES*, Vol. XVIII, Numéro 1, Printemps 1991 <http://id.erudit.org/iderudit/027141ar>.
- VERDANT André, *Karl Popper ou la connaissance sans certitude*, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes, 1991.
- WATSON D. James, *La double hélice*, traduit de l'américain par Henriette Joël, Robert Laffont, 1968.
- WEBER Max, *Essai sur la théorie de la science* (1913), troisième essai, traduction, traduit de l'Allemand et introduit par Julien Freund, Paris, Librairie Plon, 1965.
- VIGNAIS Pierre, *Science expérimentale et connaissance du vivant*, EDP sciences, Les Ulis 2006.
- VOGT Lars, "The unfalsifiability of cladograms and its consequences" in *Cladistics* 24, 2008, pp. 62 à 73.

WEST, G. B., BROWN J. H., & ENQUIST B. J., 'A General Model for the Origin of Allometric Scaling Models in Biology'. *Science* 276 (1997): 122–26.

WILEY, Edward O., "Karl R. Popper, systematics and classification : A reply to Walter Bock and other evolutionary taxonomists" in *Systematic zoology*, vol. 24, 1975, pp. 233-243.

WILLIAMS Mary, "Deducing the Consequences of Evolution", *Journal of Theoretical Biology*, 1970, 29: 343-385.

WITTGENSTEIN Ludwig, *Tractatus logico-philosophicus* (1921), trad. de Gilles-Gaston Granger, Paris, tel Gallimard, 2001.

ZAHAR Elie, *Essai d'épistémologie réaliste*, Paris, Vrin, 2002.

ZAHAR Elie, « Métaphysique et induction » in *Karl Popper, un philosophe dans le siècle*, *Philosophia Scientiae*, Editions KIMÉ, Vol. 11, Cahier 1, 2007.