



HAL
open science

Morphodynamique des ambiances construites

Nicolas Tixier

► **To cite this version:**

Nicolas Tixier. Morphodynamique des ambiances construites. Sciences de l'ingénieur [physics]. Université de Nantes, 2001. Français. NNT: . tel-00397623

HAL Id: tel-00397623

<https://theses.hal.science/tel-00397623>

Submitted on 22 Jun 2009

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.

Université de Nantes - École polytechnique de l'Université de Nantes

École doctorale Mécanique, Thermique et Génie Civil de Nantes

Centre de Recherche sur l'Espace Sonore et l'Environnement Urbain

École d'Architecture de Grenoble

En collaboration avec l'Association pour la Création et la Recherche sur les Outils d'Expression

Année 2001

Thèse de **DOCTORAT**

Discipline : Sciences pour l'Ingénieur

Spécialité : Architecture

Présentée et soutenue publiquement par

Nicolas TIXIER

le 6 novembre 2001

à l'École d'Architecture de Grenoble

MORPHODYNAMIQUE DES AMBIANCES CONSTRUITES

Jury :

Albert DUPAGNE	Professeur à l'Université de Liège (Rapporteur)
Michel LUSSAULT	Professeur à l'Université de Tours (Rapporteur)
Pierre FRANKHAUSER	Professeur à l'Université de Franche-Comté
Annie LUCIANI	Ingénieur de Recherche au Ministère de la Culture et de la Com.
Gérard HEGRON	Directeur de Recherche CNRS
Pierre-Yves NIZOU	Professeur à l'École Polytechnique de l'Université de Nantes
Jean-François AUGOYARD	Directeur de Recherche CNRS

Membre invité :

Pascal AMPHOUX	Géographe, architecte
----------------	-----------------------

Directeur de thèse :

Jean-François AUGOYARD	Directeur de Recherche CNRS
Laboratoire CRESSON, UMR 1563 "Ambiances Architecturales et Urbaines", CNRS / Min. Culture	
Adresse : 60 av. de Constantine, B.P. 2636, 38036 Grenoble Cedex 2	

N° ED 0367-021

Morphodynamique des ambiances construites

Résumé

Cette recherche s'inscrit dans la lignée des travaux sur les ambiances architecturales et urbaines. Elle se propose de tester des modèles morphodynamiques générant des représentations de phénomènes sensibles par synthèse numérique. Une confrontation entre l'observation *in situ* de ces phénomènes et les représentations sonores et visuelles issues de la synthèse est alors rendue possible.

L'expérimentation numérique permet un retour à l'observation et à la catégorisation de phénomènes sensibles. Le modèle physique peut ainsi être utilisé comme un outil de reconstruction d'effets et par là même d'aide à la conception.

Deux exemples qui, de façon récurrente, émergent dans l'espace public urbain sont développés : les dynamiques de conduites piétonnières et les effets sonores. À partir des notions d'expérience, de processus et de relation, nous verrons comment il peut être possible de passer d'une pensée de la forme à une pensée du mouvement.

Cette recherche s'est réalisée dans le cadre d'une collaboration entre le CRESSON [Centre de recherche sur l'espace sonore et l'environnement urbain] et l'ACROE [Association sur la Création et la Recherche sur les Outils d'Expression].

Mots Clés

Ambiances architecturales et urbaines • Observation *in situ* • Théories morphodynamiques • Modèle physique • Espace public urbain • Conduites piétonnières • Effets sonores

Morphodynamic of built environment

Abstract

This search is based on the field of architectural and urban environments (called "ambiances" in French). It proposes to test morphodynamic models. These models generate representations of multi-sensorial perceptible phenomena by numeric synthesis. A confrontation with the *in situ* observations of these phenomena and the sound and visual representations resulting from the synthesis is therefor possible.

The numeric experimentation ensures a return to the observation and the categorization of sensible phenomena. The physical model can be used as a tool for the rebuilding of effects and consequently for the assistance to the design.

Two examples, which emerge in a recurring way in the urban public space, are developed : the dynamics of pedestrian behaviors and the sound effects. By basing on the concepts of experience, process and relation, we can see how it is possible to pass from a system of thoughts concerning the form to another concerning the movement.

This search is a collaboration between CRESSON [Research center on sound space and urban environment] and ACROE [Association for creation and research on expression tools].

Key words

Architectural and urban ambient environment • *In situ* observation • Morphodynamic theory • Physical model • Urban public space • Pedestrian behaviors • Sound effects

Discipline : **Sciences pour l'ingénieur - Spécialité : Architecture**

N° : ED 0367-021

Morphodynamique des ambiances construites

Résumé

Cette recherche s'inscrit dans la lignée des travaux sur les ambiances architecturales et urbaines. Elle se propose de tester des modèles morphodynamiques générant des représentations de phénomènes sensibles par synthèse numérique. Une confrontation entre l'observation *in situ* de ces phénomènes et les représentations sonores et visuelles issues de la synthèse est alors rendue possible.

L'expérimentation numérique permet un retour à l'observation et à la catégorisation de phénomènes sensibles. Le modèle physique peut ainsi être utilisé comme un outil de reconstruction d'effets et par là même d'aide à la conception.

Deux exemples qui, de façon récurrente, émergent dans l'espace public urbain sont développés : les dynamiques de conduites piétonnières et les effets sonores. À partir des notions d'expérience, de processus et de relation, nous verrons comment il peut être possible de passer d'une pensée de la forme à une pensée du mouvement.

Cette recherche s'est réalisée dans le cadre d'une collaboration entre le CRESSON [Centre de recherche sur l'espace sonore et l'environnement urbain] et l'ACROE [Association sur la Création et la Recherche sur les Outils d'Expression]

Mots-clefs

Ambiances architecturales et urbaines • Observation *in situ*
Théories morphodynamiques • Modèle physique • Espace public urbain
Conduites piétonnières • Effets sonores

Morphodynamic of built environment

Abstract

This search is based on the field of architectural and urban environments (called "ambiances" in French). It proposes to test morphodynamic models. These models generate representations of multi-sensorial perceptible phenomena by numeric synthesis. A confrontation with the *in situ* observations of these phenomena and the sound and visual representations resulting from the synthesis is therefore possible.

The numeric experimentation ensures a return to the observation and the categorization of sensitive phenomena. The physical model can be used as a tool for the rebuilding of effects and consequently for the assistance to the design.

Two examples, which emerge in a recurring way in the urban public space, are developed : the dynamics of pedestrian behaviors and the sound effects. By basing on the concepts of experience, process and relation, we can see how it is possible to pass from a system of thoughts concerning the form to another concerning the movement.

This search is a collaboration between CRESSON [Research center on sound space and urban environment] and ACROE [Association for creation and research on expression tools].

Key words

Architectural and urban ambient environment • *In situ* observation •
Morphodynamic theory • Physical model • Urban public space •
Pedestrian behaviors • Sound effects

Sommaire

Résumé / Abstract

Avant-propos

Chapitre I Entre l'analyse et la conception, la dynamique

Problématique et hypothèses

Chapitre II Les conduites de cheminement

Étude de cas 1 : Observations *in situ* & Modélisations numériques

Chapitre III Les ambiances sonores

Étude de cas 2 : Observations *in situ* [& Modélisations numériques]

Chapitre IV Éléments de conclusion

Trois éléments de conclusion pour une hybridation de l'analyse et de la conception de l'espace par la dynamique

Annexes

Bibliographie

Table des figures / Table des matières

Une cassette vidéo et un CD audio accompagnent ce document.

Avant-propos

Cette thèse a été réalisée dans le cadre d'une recherche intitulée "Effets sensibles en milieu urbain - Analyse *in situ* et synthèse numérique"¹. Cette recherche ainsi que la thèse ont bénéficié du soutien financier de la région Rhône-Alpes. Elle met en collaboration interdisciplinaire trois laboratoires :

- **CRESSON** École d'architecture de Grenoble
Centre de Recherche sur l'Espace Sonore et l'Environnement Urbain / UMR CNRS 1563
- **ACROE** Institut National Polytechnique de Grenoble
Association pour la Création et la Recherche sur les Outils d'Expression
- **IREC** École Polytechnique Fédérale de Lausanne
Institut de Recherche sur l'Environnement Construit

Le travail de thèse a été supervisé par **Jean-François Augoyard** (Cresson). La partie concernant le modèle physique a été réalisée à l'Acroe avec le suivi et sous la direction d'**Annie Luciani** (Acroe). **Pascal Amphoux** (Cresson / Irec) a participé au suivi scientifique et la relecture finale, ainsi que **Jean-Paul Thibaud** (Cresson) pour certaines parties.

Leurs travaux antérieurs, leurs réflexions actuelles et leur encadrement attentionné, stimulant et participant ont rendu possible cette thèse.

Différents travaux de stages et quelques collaborations ponctuelles ont contribué par ailleurs à cette recherche (ordre alphabétique) : Lise-Marie Bernard, Nicolas Boyer,

¹ Contrat de recherche ARASSH (Agence Rhône-Alpes pour les Sciences Sociales et Humaines) - Rubriques "Nouvelles technologies de communication" et "Projets novateurs" - Opération n° 97032562. Sous la direction de Jean-Paul Thibaud.

Un premier rapport de recherche est consultable : Thibaud Jean-Paul, Amphoux Pascal, Luciani Annie, Tixier Nicolas (1998). *Effets sensibles en milieu urbain. Analyse in situ et simulation numérique*, rapport Arassh à 1 an, Cresson - Acroe - Irec, Région Rhône-Alpes.

Yannick Dauby, Björn Hellström, Samuel Laveaud, Sébastien Rinolfi, Nicolas Séminel, Mark Svensson, Ewa Szalek.

Sans ces contributions fertiles, cette thèse n'aurait jamais existé sous cette forme.

Merci à Audrey, Catherine, Nathalie et Simone pour leur soutien et leur relecture attentive.

Enfin, merci au Cresson et à l'Acroe, où l'ensemble des chercheurs, doctorants et personnels administratifs sont devenus, beaucoup plus que des collègues, souvent des amis.

Structure générale du document

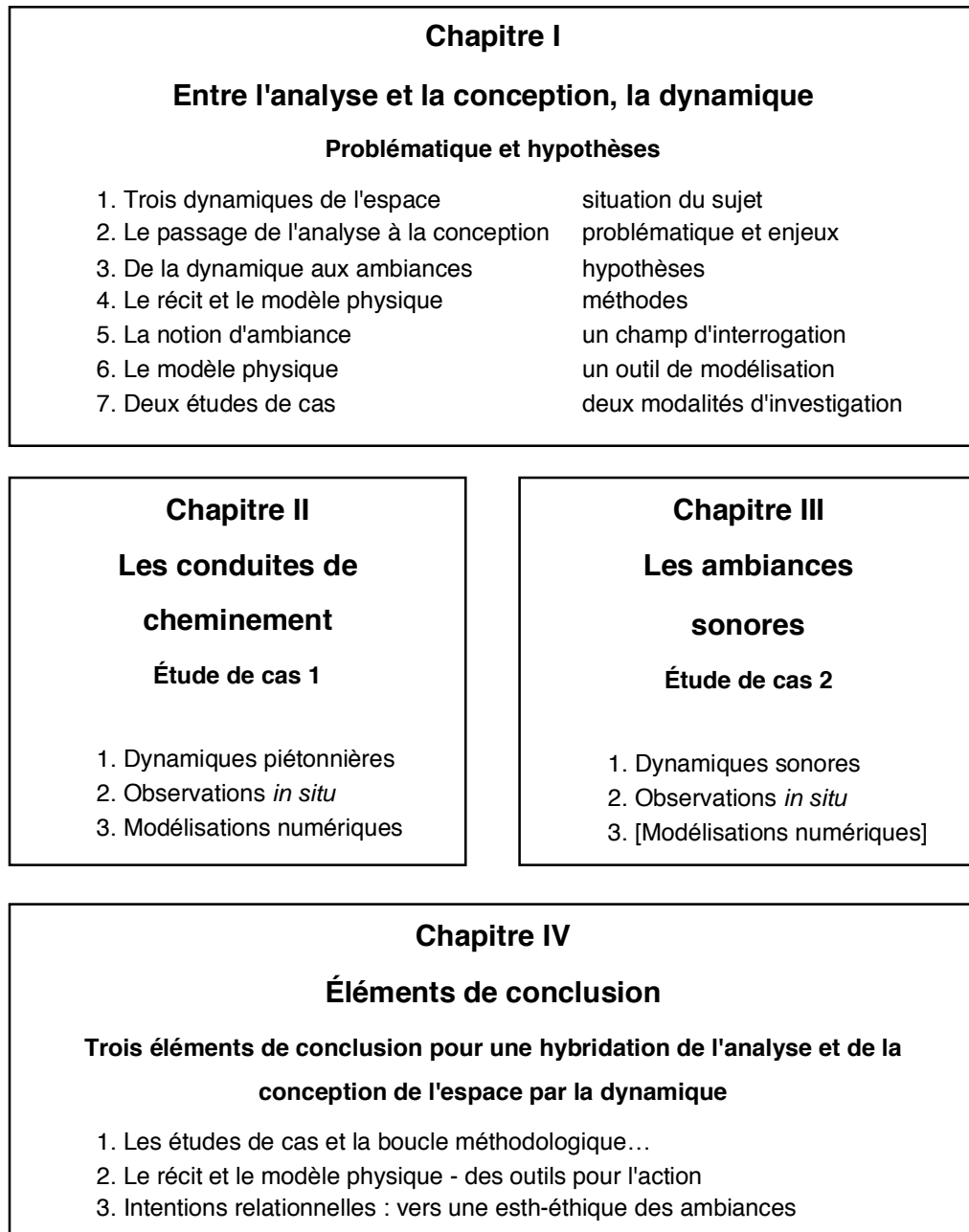


Figure 1 : Organisation générale de la thèse

Les chapitres II & III sont composés selon un plan similaire. Ils peuvent se lire chacun indépendamment des autres.

Chapitre I

Entre l'analyse et la conception, la dynamique

Problématique et hypothèses

"Marcher les rues, lire les rues, voilà ma tactique."

Jacques Roubaud (2000). *Poésie* :, Paris : Éd. du Seuil, p. 19.

1. Trois dynamiques de l'espace - situation du sujet

1.1. L'espace sensible : le temps de l'expérience

L'espace dans lequel nous vivons n'est pas uniquement un objet pour le regard en trois dimensions. C'est un milieu complexe. Nous y entendons des sons, nous y ressentons le vent, la chaleur du soleil, la température de l'air, nous le "marchons", nous le touchons, nous le frôlons... Bref, nous l'éprouvons grâce à nos sens. Dans la culture occidentale, on a souvent tendance à considérer que c'est essentiellement par la vue que l'on appréhende l'espace². C'est bien pourtant avec l'ensemble de nos sens que nous l'appréhendons : l'espace est multisensoriel. De plus, il ne nous est jamais donné par une seule perception. Et qui plus est, elle ne s'effectue pas sans action de notre part. L'espace nous apparaît en effet tout autant que nous devons aller à sa rencontre, le parcourir des yeux, le parcourir du corps, l'écouter et le faire sonner... Il nous éprouve et nous l'éprouvons. Nous devons en faire l'expérience.

Cet espace sensible³ nous est donc révélé et connu par le temps de **l'expérience**. Dans la pratique quotidienne et ordinaire de l'espace, il n'y a pas séparation des sens.

² Ce qui n'est pas forcément le cas dans toutes les cultures, ni de façon identique pour chaque personne, ni surtout de façon égale pour toutes les actions que nous entreprenons quotidiennement. Voir sur ce sujet : Augoyard Jean-François (1991). "La vue est-elle souveraine dans l'esthétique paysagère ?", in *Le Débat*, Paris, n° 65, pp. 51-59.

³ Dans un premier temps, on peut se référer à la définition du sensible que donne Pierre Sansot : "Le sensible, [...] c'est ce qui nous affecte et retentit en nous" il rajoute qu'une "observation plus fine nous

Nous vivons en permanence notre rapport à l'espace dans une multi-sensorialité cohérente.

Or cette prégnance de l'accessibilité sensorielle comme mode d'accès à l'espace est ce qui définit avant tout pour Hanna Arendt **la notion même d'espace public**. Dans *la condition de l'homme moderne*, l'espace public est d'abord considéré comme un espace de visibilité : "Le mot public [...] signifie d'abord que tout ce qui paraît en public peut être vu et entendu de tous, jouit de la plus grande publicité possible. Pour nous l'apparence - ce qui peut être vu et entendu par autrui comme par nous-mêmes - constitue la réalité"⁴. Ici, le terme de visibilité ne doit pas être compris comme désignant uniquement le caractère visuel de l'espace mais désigne plutôt l'accessibilité perceptive de tous les sens. À cette accessibilité perceptive, il faut rajouter l'accessibilité motrice. L'accessibilité ne fonctionne pas en sens unique mais elle met en jeu des situations de réciprocité. Il y a des espaces à partir desquels je peux voir d'autres espaces et réciproquement, des espaces depuis lesquels je peux être vu ; certains d'où je peux en entendre d'autres ou y être entendu depuis d'autres encore ; des espaces où je peux me rendre physiquement et d'autres où seule ma voix par exemple peut aller... Ces accessibilités perceptives et motrices définissent une grande partie de l'expérience sensible que l'on entretient avec un espace.

L'espace est sensible de deux façons. Le terme de "sensible" permet de qualifier l'espace dans ses dimensions sensorielles et affectives. C'est-à-dire que l'on peut le toucher, le voir, etc. Il nous affecte. Mais à l'inverse il est aussi "sensible", au sens où l'est une plaque sensible, il se révèle à nous et nous pouvons, par nos actions, l'affecter.

apprend vite que le sentant et le sensible échangent souvent leur rôle, s'abandonnent l'un l'autre l'initiative." in Sansot Pierre (1986). *Les formes sensibles de la vie sociale*, Paris : Éd. P.U.F., p. 38. Ainsi selon deux points de vue, nous pouvons avoir une dimension passive (quelque chose qui peut être perçu par les sens) et à la fois une dimension active (quelqu'un qui peut percevoir ou éprouver). On donnera des éléments de définition plus précis par la suite.

⁴ Arendt Hanna (1961). *La condition de l'homme moderne*, Paris : Éd. Calmann-Levy, p. 89.

1.2. L'espace construit : le temps du processus

Cet espace, dans lequel nous vivons, a aussi d'autres caractéristiques que d'être simplement le lieu de l'expérience quotidienne. Il est construit : il est bâti et aménagé. En dehors de rares zones de la planète peu touchées par l'homme, l'espace urbain mais aussi rural, est conçu. Cette conception est la résultante d'actes experts (décisions d'urbanistes, de politiques, d'architectes, de paysagistes...) ainsi que d'actions ordinaires (nos modes d'habiter, nos manières de s'approprier et de vivre l'espace).

L'espace est construit (par du bâti) **et il se construit** (il est la résultante d'une construction permanente⁵). Le terme de "construit" permet de qualifier l'espace par un passif qui en même temps signifie l'actif.

L'architecture est une des disciplines qui participe de façon explicite à cette conception de l'espace. Traditionnellement, la durée de vie d'un "objet" architectural comprend le temps du projet, le temps de la construction et le temps de l'usage. Dans cette logique, le projet viserait l'usage et la construction serait le moyen concret de cette visée.

L'espace subit aussi des processus de transformation en permanence. Ces processus sont nombreux. Ils s'entremêlent continuellement, bien qu'ils agissent à des niveaux différents. Dans la partie suivante, l'analogie avec la notion de réécriture emprunté à la littérature permettra de décliner trois observations, qui, différemment et chacune à leur niveau, montreront un processus qui construit l'espace.

⁵ On peut comprendre que l'espace est la résultante d'une construction permanente à deux niveaux. Le premier est un niveau pragmatique. C'est celui qui est explicité dans ce paragraphe : l'espace est toujours en construction. Le second niveau qui sera peu développé ici est plutôt de nature théorique. En disant que l'espace est aussi une construction, on se rapproche des thèses du constructivisme, qui disent que le monde que nous appréhendons n'est pas une réalité qui existe en dehors de nous-même indépendamment de notre observation. Le constructivisme postule que nous construisons notre perception du monde. En ce sens l'espace vécu est toujours une construction, puisque toute perception nécessite d'être construite... Voir sur ce sujet Segal Lynn (1990). *Le rêve de réalité*. Heinz von Foerster et le constructivisme, Paris : Éd. du Seuil, coll. La couleur des idées.

1.2.1. La réécriture comme processus

Première observation⁶ : Tout projet d'architecture construit est réécriture d'un contexte.

Tout projet d'architecture, qui convoite un jour d'être construit pour satisfaire à des usages, s'inscrit au moins *in fine* dans un contexte. On peut objecter que ce constat évident risque de ne pas s'appliquer aux projets de type exercices "hors contexte", aux concours d'idées ou aux projets de type "objets de catalogue". En effet, ceux-ci, par définition, démarrent sur une page blanche. Pourtant, il n'est pas difficile de montrer que très rapidement la question du contexte ressurgit : si le projet se fait construction, il nécessitera une adaptation, aussi minime soit-elle, à un contexte (choix du lieu exact de l'implantation, de l'orientation, du rapport au sol...).

"Ensemble de circonstances dans lesquelles s'insère un fait"⁷, le contexte en architecture est en général synonyme de situation et d'environnement. Mais il est d'usage de parler aussi de contexte social, de contexte historique, de contexte culturel... Pour un projet, le contexte serait ainsi ce qui regrouperait la caractérisation du ici et maintenant d'un site avec toutes ses dimensions : géographiques, environnementales, historiques, sociales, culturelles... Quel que soit le projet, que l'on décide aux extrêmes de se fondre dans le contexte ou de s'y imposer, on fait avec lui, en fonction de lui, en relation avec lui. Le contexte n'est pas uniquement le lieu dans lequel on s'insère, mais il désigne l'environnement et les ressources disponibles⁸ pour le projet : il n'y a pas d'architecture construite *ex-nihilo*.

⁶ Ces observations sont autant des constatations que des "manières de voir". Elles empruntent de façon analogique à la discipline littéraire les notions d'écriture et de réécriture.

⁷ Définition issue du *Nouveau Petit Robert* (1996). Paris : Éd. Dictionnaires le Robert, p. 456.

⁸ "**Contexte** : cadre local et perceptif dans lequel se déroule une activité et espace de parole auquel les participants se réfèrent au cours de l'échange. Du point de vue d'une écologie des activités, le terme désigne l'environnement et les ressources disponibles. Du point de vue de la cognition située, il renvoie aux indices permettant aux participants de faire des inférences sur l'action ou la conversation en cours." In Joseph Isaac (1998). *Erving Goffman et la microsociologie*, Paris : Éd. P.U.F., coll. Philosophies, p. 123. Cette définition du contexte englobe les différents points abordés plus loin dans ce chapitre, à savoir l'action et l'interaction situées. Dans le courant de la microsociologie, un **cadre**, c'est "un dispositif cognitif et pratique d'organisation de l'expérience sociale qui nous permet de comprendre ce qui nous arrive et d'y prendre part. Un cadre structure aussi bien la manière dont nous

Rem Koolhaas - architecte néerlandais - disait : "Nos projets ne naissent pas de réflexes connus à l'avance... Nous sommes un peu comme un surfeur vis-à-vis des vagues, il ne les contrôle pas, mais il les reconnaît, et connaît les moyens d'aller avec elles, et même de revenir, à contre vagues."⁹.

Le contexte est présent avant, pendant et après le projet, on ne peut jamais dire "avant il n'y avait rien" : toute intervention par conséquent modifie l'existant ; modification qui, à son tour, deviendra contexte.

Même s'il s'agit de le transformer radicalement, voire de le nier, comment réécrire un contexte sans l'étudier *a minima* ? "Its subtext is fuck context"¹⁰ lance avec provocation Rem Koolhaas à propos des grandes villes. Pourtant dans un entretien avec le journaliste François Chaslin, il explique bien qu'il y a souvent eu une mauvaise interprétation de ce slogan. Il précise : "Je disais que, dans certains cas, il n'y a tout simplement pas de relation possible entre ce qui est nouveau et ce qui existe. De plus ce qui existe n'a pas toujours de qualité particulière. Il faut donc se réserver la liberté d'avoir une attitude flexible, au cas par cas. Il y a des situations où l'on peut prendre en compte le contexte, et même lui rendre hommage. Et d'autres où il vaut mieux l'ignorer"¹¹. Autrement dit, même quand l'analyse conduit à choisir de faire abstraction du contexte, elle est la preuve que la dimension contextuelle a été prise en compte : il s'agit d'un choix.

définissons et interprétons une situation que la façon dont nous nous engageons dans un cours d'action." Ibid., p. 123.

⁹ "Our projects are not born out of reflexes that are known in advance... We are a little like a surfer - he does not control the waves, but he recognises them and knows how to go with them, even against them" in O.M.A., Koolhaas Rem, Mau Bruce (1995). *Small, Medium, Large, Extra-Large*, Rotterdam : 010 Publishers, p. 1286. Texte traduit in (1988). "Sur la crête de la vague moderne", entretien avec Rem Koolhaas, in *Techniques et Architecture*, n°380, p. 77.

¹⁰ O.M.A., Koolhaas Rem, Mau Bruce (1995). Op. Cit., p. 502. Chapitre "Bigness or the problem of large".

¹¹ in Koolhaas Rem, et alii (2000). *Mutations*, Barcelone & Bordeaux : Éd. Actar & Arc en rêve centre d'architecture, pp. 765-766.

Toute intervention (ajout, suppression, modification) transforme les relations des éléments en contexte en les mettant dans de nouveaux états de tension. Parce qu'on réécrit l'espace et qu'on ne l'écrit pas, projeter est une action toujours délicate.

Deuxième observation : Toute construction est toujours en réécriture.

L'architecture s'inscrit dans l'espace, mais aussi dans le temps. Et si le projet a des durées de conception et de construction assez bien bornées en général, l'architecture produite, quant à elle, n'est pas figée une fois pour toutes. De la rénovation légère, à la transformation radicale, chaque bâtiment, chaque espace, évolue au fil des jours, des années : il se transforme, s'agrandit, s'embellit, se dégrade, est détruit...

Cette façon d'envisager la durée de vie d'un bâtiment - même si elle n'est pas nouvelle - commence à devenir constitutive des partis pris lors de la phase conception. Elle s'inscrit dans ce qui se nomme aujourd'hui "le développement durable". Penser un projet avec les critères du développement durable c'est, parmi d'autres principes, penser la durée de vie de tous les matériaux et de tous les éléments d'un bâtiment, de leur extraction initiale, de leur récupération éventuelle, à leur recyclage final. Le projet doit penser et anticiper les processus de dégradation, son entretien, sa rénovation et en fin de compte, sa destruction, comme quelque chose de quasiment naturel, ou plus exactement comme une donnée intrinsèque au projet.

Or cette notion de recyclage ne s'applique pas uniquement aux éléments et aux matériaux. Elle s'applique aussi aux espaces et à leurs usages. Ainsi, il est de plus en plus courant de voir un bâtiment conçu pour telle fonction être ré-envisagé pour une autre fonction, voir pour plusieurs autres : usines qui deviennent lieux d'exposition, bureaux qui deviennent logement ou inversement, station de métro qui obsolète devient piscine couverte, espaces publics qui deviennent privés ou réciproquement, et même églises qui deviennent marché aux fruits et aux légumes le matin et parking pour voitures le reste de la journée. Ces évolutions multiples suscitent souvent de vifs débats urbains. Ces projets de réaménagement agissent comme des catalyseurs parce qu'ils mettent en avant différentes visions de la ville.

Par ailleurs, cette réécriture permanente est bien entendue la résultante d'actes que l'on peut dire experts. Par exemple, il s'agit de faire appel à un architecte pour agrandir sa maison ou pour rénover une vieille ferme. Mais elle est surtout la concrétisation d'actions ordinaires. Chaque habitant bricole, transforme son logis. Il le décore, le repeint, le tapisse, et même casse un mur, monte une cloison, aménage un grenier... Comme le dit Jean-François Augoyard, "bâtir, c'est déjà habiter", "c'est qualifier de manière vécue un espace et un temps singulier [...] en ce sens, la proposition est réversible : habiter, c'est configurer l'espace"¹².

Il n'y a pas de séparation absolue entre ce que l'on peut qualifier d'acte expert et d'action ordinaire. Le savoir faire est autant dans les métiers du bâtiment que dans les compétences de tout en chacun.

Troisième observation : Habiter, c'est réécrire l'espace.

Enfin, l'architecture, en principe, est habitée, vécue. Quand ce ne serait pas le cas, elle ne serait que sculpture. Habiter c'est : emménager, aménager, déménager, s'approprier, déserrer, cheminer, mais c'est surtout vivre l'espace¹³. Nous-mêmes sommes des éléments de l'espace. Par nos actions quotidiennes, les sociabilités que nous mettons en œuvre, nos modes d'habiter, notre simple présence, nous transformons l'espace, modifions l'espace, générons de l'espace. L'architecte Henri Gaudin est convaincu que les formes n'existent que lorsqu'elles sont sollicitées par une socialité¹⁴. Ces actions quotidiennes, même si elles ne sont pas forcément pensées dans la conception, ne sont pas (ne devraient pas) pour exister être en

¹² Augoyard Jean-François (1979). *Pas à pas, essai sur le cheminement quotidien en milieu urbain*, Paris : Éd. du Seuil, p. 159.

¹³ Pour le plaisir, on peut se référer aux listes de verbes représentant les actions engagées pour un déménagement ou un emménagement dans un appartement in Perec Georges (1974). *Espèces d'espaces*, Paris : Éd. Galilée, pp. 49-50.

¹⁴ "Ma conviction est qu'il ne peut y avoir de forme dans l'absolu. Les formes sont mues par des forces. En l'occurrence, dans la maison, elles sont mues par des forces sociales. Par conséquent, des formes qui ne seraient pas sollicitées par une sociabilité, des formes qui ne seraient pas sollicitées même par une autre forme, sont informes." Entretien avec Henri Gaudin in Younes Chris, Paquot Thierry (sous la direction de) (2000). *Éthique, architecture, urbain*, Paris : Éd. La Découverte & Syros, p. 88.

opposition avec l'espace projeté. Elles s'y appuient, le transforment, le reconstruisent, le font exister non pas uniquement dans l'espace, mais aussi dans le temps et cela par l'expérience : "L'expression habitante ne déréalise pas, elle réalise plutôt à sa manière. Et cette manière contredit radicalement le postulat du bâtir contemporain : produire de l'espace selon le temps chronométrique et prévoir l'usage selon la pure spatialité. L'expression habitante nous montre au contraire que l'espace habité s'articule selon le temps vécu."¹⁵

Jean-François Augoyard montre dans *Pas à Pas* que les figures de cheminement sont une langue d'écriture ou plutôt de réécriture de l'espace vécu. Il conclut que marcher c'est construire du lieu, c'est prendre du temps et c'est modaliser. Il suffit de suivre ces conclusions pour écrire qu'**habiter** (être dans l'espace) **c'est construire du lieu, c'est prendre du temps, et c'est modaliser.**¹⁶

1.2.2. Réécrire l'espace

Mais...

- si tout projet d'architecture construit est réécriture d'un contexte,
- si toute construction est toujours en réécriture,
- et si habiter est réécrire l'espace,

... alors **projeter**, c'est toujours **réécrire**, et c'est peut-être plus encore "**permettre l'écriture**".

Projeter, c'est alors structurer un processus dynamique, c'est réécrire l'espace pour que s'écrive le temps.

¹⁵ Augoyard Jean-François (1979). Op. Cit., p. 126.

¹⁶ Chapitre "Conclusion - Un point cosmogénétique", Augoyard Jean-François (1979). Op. Cit., pp. 155-167. "Modaliser" doit être entendu au sens de "faire du vécu".

1.3. L'espace agi : le temps des relations

La première partie de cette introduction sur l'espace sensible - en développant le caractère éminemment multisensoriel de l'espace - amenait à la dimension temporelle de l'expérience. La deuxième partie présentait l'espace construit comme un processus toujours en cours. Cette troisième partie s'appuie sur l'idée que tous les éléments de l'espace entretiennent des relations avec les autres. Cet ensemble de relations définit un espace *actif*. Par nos actions, nos perceptions, notre simple présence, nous entretenons un rapport permanent avec l'espace et les éléments qui s'y trouvent (et ce quelle que soit leur nature). Ce rapport a lieu avec le cadre bâti, avec le contexte social et les éléments sensibles de l'espace.

Or ce constat suppose deux postures que l'on peut qualifier d'écologiques¹⁷ :

- **Toute perception est inséparable de l'action *in situ*.** Notre perception est active, il n'y a pas seulement réception d'un stimulus, mais il y a bien cette idée d'une activité sensori-motrice à tout moment, qui fait que percevoir c'est agir.
- ***In situ*, nous mettons en jeu constamment des inter-actions** qui dépassent largement le cadre des interactions sociales.

¹⁷ Selon la proposition de E. Haeckel, qui en 1886, définit l'écologie (du grec *oikos* : demeure et *logos* : science) comme une science qui étudie les rapports entre les organismes et le milieu où ils vivent. in *Encyclopaedia universalis*, vol. 5, p. 861. C'est au sens d'une écologie "naturelle" que nous utilisons ce terme ici. Il y a aussi une écologie dite "urbaine" : l'École de Chicago (1920-1930) commence par faire une transposition de l'écologie naturelle à l'écologie humaine en portant l'accent sur les analogies entre l'homme et l'animal. Puis très vite l'accent se porte sur les différences en réintroduisant en particulier la dimension imaginaire, sur les capacités à se représenter le monde matériellement et conceptuellement. "Par analogie avec les études portant sur les relations entre animaux ou plantes d'espèces différentes sur un même territoire, les sociologues de Chicago parlent, à propos de leurs travaux, d'écologie urbaine (ou d'écologie humaine). Leur objectif est de décrire et de comprendre les processus de désorganisation et de réorganisation qui affectent aussi bien les espaces urbains que les individus et les groupes qui les habitent. L'écologie animale et végétale fournit aux sociologues de Chicago un certain nombre de concepts pour caractériser les relations entre les groupes sociaux et les transformations de l'espace urbain : invasion et succession, symbiose, dominance, compétition, conflit, assimilation." In *Encyclopaedia universalis*, vol. 5, pp. 456-457. Voir aussi Grafmeyer Yves, Joseph Isaac (présentation de) (1990). *L'École de Chicago. Naissance de l'écologie humaine*, Paris : Éd. Aubier, [1^{ère} édition 1979]. Yves Chalas donne une définition de l'écologie de l'environnement construit comme étant *la manière dont l'homme produit et habite ses espaces*. Cette définition a le mérite de ne pas reproduire la dichotomie disciplinaire entre une écologie "naturelle" et une écologie humaine".

L'espace est agi (par l'agissant : individu ou tout autre élément dans l'espace) **autant qu'il agit** (sur l'agissant : sur l'individu ou sur tout autre élément dans l'espace). Le terme de "agi" nous permet de qualifier l'espace par un **passif** qui en même temps signifie l'action, **l'actif**.

1.3.1. Espace d'actions

a. Perception & action

La question des relations entre la perception et l'action a toujours suscité des débats scientifiques et philosophiques. Il peut être intéressant d'en faire un rapide historique en sélectionnant quelques étapes qui semblent importantes pour notre travail.

Au début du XX^e siècle, le physicien et philosophe des sciences Ernst Mach s'interroge sur le rapport du physique au psychique dans l'analyse des sensations. Il met rapidement en évidence - expériences à l'appui (sur l'effet Doppler par exemple) - **le rôle du mouvement dans toute perception**¹⁸. De plus, il constate, et trouve des dispositifs expérimentaux qui le démontrent, que toute perception d'une dynamique est une perception relative.

Très peu de temps après, Erwin Straus, dans ses travaux critiques sur l'approche régnante pavlovienne (stimulus - réponse), montre que **toute perception engage une action, qu'il n'y a pas de sentir sans un se mouvoir**¹⁹. "Ce ne sont pas les fonctions physiologiques des organes sensoriels qui font d'un être un être sentant, mais plutôt cette capacité d'approcher, et celle-ci n'appartient ni à la seule sensation, ni au seul mouvement"²⁰ écrit-il. Pour Straus, l'origine du *sentir* est *l'approche*, la modification

¹⁸ Mach Ernst (1996). *L'analyse des sensations - Le rapport du physique au psychique*, Nîmes : Éd. Jacqueline Chambon, [1^{ère} édition 1922].

¹⁹ Straus Erwin (1989). *Du sens des sens*, Grenoble : Éd. Jérôme Millon, [1^{ère} édition 1935]. Formuler autrement : "L'action est la condition de la perception" par Roger Cornu. Il déplace la question du lien entre l'action et la perception en introduisant un observateur nécessaire à la compréhension de ce lien, comme un tiers nécessaire à ce lien. In Cornu Roger (2000). "L'observateur entre perception et action", in *De la perception à l'action. Contenus perceptifs et perception de l'action*, sous la direction de Pierre Livet, Paris : Éd. Librairie Philosophique J. Vrin, pp. 195-217.

²⁰ Ibid., p. 378.

des distances de proximité et de visibilité : "c'est le sentir qui déploie la distance : en tant que mouvement, le sentir est épreuve à distance"²¹.

Plus tard, Merleau-Ponty met en avant, non plus l'objet qui serait senti et approché, mais la *qualité sensible* comme le lieu même de la perception, comme le lieu de la rencontre avec le monde. **Le sentir serait l'approche et la perception serait alors le mouvement** : "dès lors, si la perception comme approche est ouverture au monde même, chaque expérience est une présentation de ce monde et non l'appréhension d'un objet"²².

On retrouve de façon un peu différente l'idée de qualité sensible, de mouvement relatif et de lien entre l'action et la perception dans les travaux regroupés sous le nom d'écologie de la perception. Initiée par James J. Gibson²³ dès les années 50, l'approche écologique de la perception est aujourd'hui un des courants qui s'oppose aux approches dites computationnelles²⁴. "La théorie de la perception de Gibson prend pour point de départ non pas une image rétinienne enregistrée passivement, mais bien le réseau optique ambiant, échantillonné activement par l'observateur. [...] Gibson soutient que ce sont le flux et les perturbations dans la structure du réseau optique total - plutôt que les barres, taches ou formes de l'image - qui fournissent l'information utile à la perception et qui renseignent l'observateur de façon non ambiguë, à la fois sur le monde et sur lui-même. Dans cette approche écologique, la

²¹ Barbaras Renaud (1994). *La perception, essai sur le sensible*, Paris : Éd. Hatier, p. 69.

²² Ibid., p. 71. Explication à propos de Merleau-Ponty Maurice (1964). *Le visible et l'invisible*, Paris : Éd. Gallimard.

²³ Référence majeure : Gibson James J. (1979). *The ecological approach to visual perception*, Boston : Éd. Houghton Mifflin.

²⁴ L'approche computationnelle considère la perception comme nécessitant un traitement cognitif, elle est aussi nommée perception indirecte. "L'approche traditionnelle traite la perception et l'action comme des processus tout à fait distincts : la perception est le traitement de l'information qui, à partir de l'image rétinienne, construit une représentation symbolique du monde ; l'action, quant à elle, est la génération de commandes musculaires. Dans la perspective écologique, par contre, la perception et l'action sont des processus étroitement imbriqués. Les animaux et les êtres humains ne perçoivent pas le monde passivement mais s'y déplacent activement, en captant l'information nécessaire pour guider le mouvement : il existe un échange continu entre l'organisme et le monde. Par conséquent, le rôle de la perception est de fournir l'information nécessaire pour organiser l'action et, en retour, cela implique qu'une compréhension de la perception exige une compréhension des systèmes contrôlant l'action." in Bruce Vicki, Green Patrick (1993). *La perception visuelle, physiologie, psychologie et écologie*, Grenoble : Éd. P.U.G.

perception et l'action sont considérées comme étroitement entrelacées et mutuellement contraignantes. La théorie de Gibson est une théorie directe de la perception, dans la mesure où elle prétend que l'information est saisie plutôt que traitée".²⁵

Gibson démontre de plus que l'espace n'est pas neutre qualitativement mais qu'il présente des potentiels d'actions en permanence. **L'espace offre des prises à l'action.** Il nomme ces prises, des "affordances" (*offrandes*) :

"Dans l'approche écologique de la perception, l'animal et l'environnement sont considérés comme intimement liés : le produit final de la perception n'est pas conçu comme une représentation interne du monde visuel - un percept - c'est plutôt l'animal qui est vu comme détectant des offrandes. L'offrande d'une surface ou d'un objet dans l'environnement consiste en ce que ce dernier offre à l'animal - que ce soit être capturé, mangé, foulé ou pris comme support pour s'asseoir. [...] S'il est relativement facile d'envisager que des offrandes telles que *être un support* ou *être saisissable* soient spécifiables dans le réseau optique, il est par contre nettement moins aisé d'évaluer comment les qualités telles que mangeable ou pour écrire peuvent être contenues dans la lumière. C'est lorsque Gibson prétend que, pour des êtres humains de culture occidentale, une boîte aux lettres invite à poster des lettres que sa théorie devient la plus controversée"²⁶.

Cette conception de la perception directe nie toute nécessité de mémoire. La perception fonctionnerait par adaptation et symbiose avec l'environnement. Aussi Gibson, et ses successeurs, séparent deux types de perceptions : une perception dite quotidienne qui serait directe et une autre, qui serait dite indirecte. On touche avec ces remarques deux points qui montrent les limites de ce courant pour penser la perception comme un tout avec les représentations (du moins pour l'exprimer comme ils le font).

²⁵ Ibid. p. 274.

²⁶ Ibid., pp. 284-285.

Benoît Bardy a proposé un résumé des apports possibles de l'écologie de la perception. Il s'est intéressé à l'approche sensible de l'espace urbain grâce à l'action de cheminement²⁷ :

- La structuration de l'espace construit a une incidence importante sur le lien action-perception.
- Du point de vue écologique, c'est moins la vitesse du déplacement qui est pertinente que la structuration de l'espace et des flux lumineux.

Une nouvelle étape est en train d'être réalisée. De plus en plus d'expériences montrent par des procédés d'imagerie cérébrale qu'il n'y a pas de différence radicale dans l'activité cérébrale (c'est-à-dire principalement en terme de localisation de zones activées) lorsque²⁸ :

- On fait une action.
- On voit faire une action.
- On rêve une action.
- On s'imagine faire une action.

²⁷ Benoît Bardy est chercheur en psychologie expérimentale (UMR "Mouvement et perception" à Marseille). Il a présenté ses travaux en rapport à Gibson lors d'une journée (20 mai 1997) au Cresson organisée par Jean-Paul Thibaud dans le cadre de la recherche sur *la notion d'ambiance* dirigée par Pascal Amphoux. Cette synthèse en est issue. Il donne le résumé suivant de son intervention :

"Un objectif essentiel de l'approche écologique de la perception et de l'action est de mettre en lumière le caractère indissociable du mouvement et de l'information. Dans cette approche, les informations contenues dans la structure de la stimulation (optique, mécanique, haptique, acoustique) sont à la fois la cause et la conséquence des forces internes engendrées au cours de nos actions. Elles en sont la conséquence car à chaque force développée par l'acteur correspond un flux d'informations spécifiques au mouvement effectué. Elles en sont la cause car chaque patron perceptif définit les modalités de contrôle de l'action. La découverte de ces relations réciproques entre forces et flux constitue aujourd'hui un champ important de recherche."

Voir aussi Bardy Benoît, Bootsma Reinoud, Guiard Yves (sous la direction de) (1995). *Studies in Perception and Action. 8^{ème} conférence internationale sur la perception et l'action*, 9 au 14 juillet 1995 à Marseille, Mahwah : Éd. L.E.A., 4 volumes.

²⁸ Bernard Maurice, Roubaud Jacques (1998). *Quel avenir pour la mémoire ?*, Paris : Éd. Gallimard, coll. Découvertes. Ce qui fait par ailleurs dire à Jacques Roubaud, de manière un peu malicieuse, que si l'action de rêver et de percevoir sont les mêmes choses au niveau cérébral alors soit les rêves n'existent pas, soit la vie n'est qu'un seul et long rêve !

C'est ce que dit aussi Marc Jeannerod²⁹, en amenant l'idée d'une naturalisation des états mentaux, il rend caduque la séparation entre ce qui serait un traitement émotionnel et ce qui serait un traitement cognitif.

En conséquence, et en anticipant un peu sur d'autres apports qui seront donnés plus loin, on peut avancer des éléments de définition du mot "sensible" qui précisent la définition de Pierre Sansot qui nous a servi de base. Ce serait un qualificatif qui regroupe **l'activité sensorielle** (perception / action : dimension à dominante physiologique) et **son ressenti** (perception / émotion : dimension à dominante psychologique). Cette conjonction du corps et de l'esprit est pratique puisqu'elle permet d'échapper au clivage action / perception / émotion **en définissant un sens actif et individué** (en lien avec les émotions et les représentations de chacun).

b. Du mouvement isolé à l'action située

Dans la partie précédente, nous avons indifférencié le terme de mouvement et celui d'action. Cette simplification est peu gênante lorsque l'on discute de façon "théorique" du lien qui existe entre la perception et l'action. Mais dès que l'on se met à poser ces questions en relation avec un contexte situé, chaque mot prend des connotations différentes.

Jean-Paul Thibaud propose une répartition selon l'échelle suivante³⁰ :

- **Le geste** engage seulement une partie du corps, plus particulièrement ses extrémités.

²⁹ Marc Jeannerod est directeur de l'Institut des Sciences Cognitives de Lyon. Il exprime l'idée que "la séparation entre l'action, la perception et les émotions sont aujourd'hui des discussions de salon" [sic]. En postulant que cette division est "un héritage récent des gens de l'intelligence artificielle qui ont postulé que penser c'est calculer, c'est la révolution cognitive dans les années 60 qui a suivi l'évolution de l'informatique" [sic]. Extraits de l'émission radiophonique : Jeannerod Marc (2001). "Naturalisation des états mentaux", in *In vivo*, par Jean-Didier Vincent et Lucy Kukstas, France Culture, 20 mars 2001.

³⁰ Thibaud Jean-Paul (1999). *Séminaire de 3^{ème} cycle*, Cresson, École d'Architecture de Grenoble. Il montre en plus comment l'on passe d'une catégorie à une autre.

- **Le mouvement** engage tout le corps. Le mouvement relève plutôt de l'automatisme, une fois l'apprentissage passé, comme la marche.
- **L'action** : un geste, un mouvement peut devenir une action s'il est langage et donc interprétable par un autre comme une action signifiante (par exemple lever la main pour prendre la parole). L'action rapporte le geste ou le mouvement à un contexte spatio-temporel et culturel dans lequel il prend sens. On y lit l'intention, "l'action engage l'intention"³¹.
- **La séquence** est le cours d'action. Vue de l'extérieur, elle a une unité narrative de par l'insertion de l'action dans un espace et dans un temps donnés. L'espace et l'action sont mêlés. En effet, l'espace est le lieu où se déroule l'action, mais l'action de par son déroulement définit une scène. Le temps et l'action sont mêlés. En effet, le temps est la période où se déroule l'action, mais l'action de par son déroulement définit une durée. La séquence est une histoire.
- **Le parcours** est l'enchaînement des séquences par l'action de se déplacer. Le parcours lie des espaces et des durées. Il lie des histoires, le parcours est un récit.

Cette répartition, pourtant pratique, n'est pas facile à mettre en œuvre lors d'une étude de cas. En effet, tous ces niveaux sont imbriqués les uns avec les autres - c'est bien là le problème des typologies ! - : savoir ce qui relève du geste, du mouvement, de l'action ou de la séquence nécessite le choix d'un point de vue et implique une pré-connaissance de l'observateur sur les dynamiques qu'il observe.

L'étude des mouvements nécessite de prendre en compte la dimension temporelle. Lorsque Deleuze présente la pensée de Bergson sur le mouvement, il dit : "**Le mouvement ne se confond pas avec l'espace parcouru. L'espace parcouru est passé, le mouvement est présent, c'est l'acte de parcourir.** L'espace parcouru est divisible, et même infiniment divisible, tandis que le mouvement est indivisible, ou

³¹ Livet Pierre (1994), *La communauté virtuelle. Action et communication*, Combas : Éd. de l'Éclat, p. 92.

ne se divise pas sans changer de nature à chaque division³². On peut mesurer les temps de parcours et les espaces parcourus. Pour les mouvements, c'est autre chose, de par leurs dynamiques ils appellent plus naturellement à une qualification.

C'est bien le mouvement par sa dynamique qui articule naturellement l'espace et le temps.

Jusqu'ici, nous avons considéré l'action comme un objet relativement isolé. En contexte, l'action est toujours en rapport à une réaction, **l'action est toujours une inter-action.**

1.3.2. Espace d'inter-actions

Avant de pouvoir parler d'espace d'inter-action³³, il est nécessaire de préciser rapidement la notion d'espace newtonien, que l'on utilise traditionnellement, et d'en préciser les qualités en posant quelques-unes de ses limites.

Galilée (par le développement d'une physique-mathématique) au XVII^e siècle, puis Newton ont abandonné l'idée aristotélicienne d'un espace fondé sur l'expérience, la perception des sens et l'imagination. L'espace de type newtonien, qui sert habituellement à toute étude, est unité de mesure quantitative. Il ne dit rien de ce qui est de l'ordre du vécu. Il est continu, infini, tridimensionnel, homogène (c'est-à-dire que chaque point de l'espace est identique à n'importe quel autre) et isotrope (il n'y a pas de direction privilégiée). Cet espace est par nature absolu et sans relation. Il n'est pas lié aux propriétés des corps qui s'y trouvent. Cette notion d'espace est une construction géométrique, de type euclidienne, très pratique et rationaliste pour situer les éléments. Basée sur une convention, comme toute géométrie³⁴, en dehors de

³² Deleuze Gilles (1983). *L'image-Mouvement. Cinéma 1*, Paris : Éd. de Minuits, p. 9.

³³ Ici, le trait d'union de "inter-action" permet ici de faire le lien entre les différents espaces d'actions vus dans le paragraphe précédent. Cette distinction ne sera pas forcément gardée pour la suite.

³⁴ Parmi les géométries qu'il aurait été intéressant d'étudier, il y a toutes celles qui développent des particularités topologiques. On peut évoquer la géométrie élastique inventée par Riemann sous le nom d'*analysis situs*. Dans cette géométrie, des figures sont dites équivalentes si elles conservent malgré des déformations élastiques leur continuité. Ainsi une ellipse est égale à un cercle ou à un contour de pomme de terre. Cette géométrie permet par exemple de penser la relation d'un modèle à l'original,

donner une information utile sur la situation, elle ne permet pas de rendre compte de l'expérience. L'espace newtonien s'avère très pratique dans le domaine du visuel, mais on peut aussi s'interroger pour savoir ce qu'il devient quand on veut parler d'espace sonore, d'espace tactile ou d'espace olfactif³⁵.

Pour prendre en compte le caractère individuel de l'espace, les rapports que les éléments entretiennent entre eux, sa dimension multisensorielle, d'autres types de géométries et de notions de compréhension ont été développés. Ces autres géométries et notions visent à décrire l'espace qualitatif, c'est-à-dire un espace porteur d'informations, un espace signifiant. Les informations sont en général le lieu d'une singularité topologique qui reste à interpréter. Après Henri Lefebvre, Pierre Sansot, Jean Remy, et d'autres, Yves Chalas rappelle³⁶, comme l'avait aussi indiqué Jean-François Augoyard pour l'espace sonore et pour les espaces cheminés dans *Pas à Pas*, que l'espace vécu par l'habitant ne peut être qu'un espace déformé, non newtonien, c'est-à-dire discontinu, hétérogène et hétérotope. De la même façon - mais à un niveau plus infra - pour qu'une forme soit reconnue, la perception elle-même fonctionne, grâce à des discontinuités. Le mathématicien René Thom appelle cela des **formes saillantes** et des **formes prégnantes** :

"L'expérience première, en toute réception des phénomènes, est la discontinuité. Mais la discontinuité présuppose le continu. Comme l'expérience primaire du continu est celle de la conscience, c'est-à-dire celle du temps, la discontinuité la plus originelle sera - auditivement -

d'une esquisse à un plan d'exécution : qu'importe le détail, qu'importe même la forme pourvu qu'importe la conservation de la caractéristique topologique. Sur tous ces points très peu abordés ici, on peut se reporter à Bruter Claude-Paul (1985). *Topologie et perception. Tome1. Bases mathématiques et philosophiques*, Paris : Éd. Maloine S.A. & Bruter Claude-Paul (1996). *Comprendre les mathématiques. Les 10 notions fondamentales*, Paris : Éd. Odile Jacob.

³⁵ Voir sur ce point le développement fait par Jean-François Augoyard (1991). Op. Cit., p. 54. "L'espace sonore est un espace discret dans l'acception mathématique du terme. Il n'implique fondamentalement ni la contiguïté ni l'homogénéité. La première caractéristique en est la discontinuité". Cette question est déjà abordée d'un point de vue mathématique par Henri Poincaré. "On peut imaginer des mondes - ce que Poincaré se donne la peine de faire - où les lois des déplacements des corps ne correspondraient pas aux propriétés de l'espace euclidien ; les géomètres de tels univers n'auraient pas, tout d'abord du moins, construit la géométrie euclidienne, mais une autre plus "naturelle" : celle qui eût conservé le rapport du "comme si" avec les phénomènes observables." in Schmid Anne-Françoise (2001). *Henri Poincaré. Les sciences et la philosophie*, Paris : Éd. L'Harmattan, p. 71.

³⁶ In Chalas Yves (1995). "Le sentiment d'appartenance", in *Information sociales*, n° 45, p. 28.

par exemple l'apparition d'un bruit au milieu du silence. Un tintement de sonnette est perçu comme une forme autonome, qui remplit l'intervalle entre deux zones de silence vides de son. J'appellerai forme saillante toute forme vécue qui se sépare nettement du fond continu sur lequel elle se détache"³⁷.

"Alors que les formes saillantes peuvent avoir un certain impact sur l'appareil sensoriel d'un sujet (on peut être ébloui par un flash de lumière), cet effet demeure transitoire et de courte durée. De même les formes saillantes s'inscrivent dans la mémoire à court terme, mais elles n'ont pas d'effet à long terme sur le comportement du sujet (humain ou animal) ni sur son état physiologique. Il en va autrement de certaines formes qui ont (chez l'animal) une signification biologique ; telles sont les formes des proies pour le prédateur (affamé), ou le prédateur pour la proie, le partenaire sexuel en période appropriée... La reconnaissance de ces formes suscite une réaction de grande ampleur chez le sujet : libération d'hormones, excitation émotive, comportement d'attraction ou de répulsion à l'égard de la forme inductrice. J'appellerai prégnantes ces formes, et prégnance ce caractère spécifique."³⁸

Ces *saillances* et ces *prégnances*, c'est-à-dire ces discontinuités présupposent l'existence d'un espace continu qui permet un premier lien entre l'espace newtonien et l'espace qualitatif.

On peut aborder la notion d'espace qualitatif à partir des travaux de l'anthropologue américain Edward T. Hall. Il développe dans son ouvrage *La dimension cachée*³⁹, l'idée que l'espace est d'abord un espace culturel et relationnel. Il explique que l'espace n'est pas donné une fois pour toutes mais qu'il s'organise, se construit et se reconstruit en permanence. Il y aurait avec sa terminologie des espaces *sociofuges* (qui maintiennent le cloisonnement entre les individus, par exemple les salles d'attente des gares) et des espaces *sociopètes* (qui favorisent le contact entre les gens, par exemple le bistrot, et surtout le comptoir). Pour Hall, l'espace n'est pas identique

³⁷ In Thom René (1991). *Esquisse d'une Sémiophysique*, Paris : Éd. InterEditions, [1988 1^{ère} édition], p. 17.

³⁸ Ibid., p. 20. Ce duo saillance / prégnance semble assez riche pour décrire l'intelligibilité naturelle, face au matérialisme des objets ponctuels et détachés du sujet, physiquement et psychologiquement. Pour une suite de ce développement, voir Tixier Nicolas (1997). *Apports de théories morphodynamiques à l'approche des ambiances construites*, Grenoble : mémoire de D.E.A. Ambiances architecturales et urbaines, sous la direction de Pascal Amphoux, Isitem / Cresson.

³⁹ Hall Edward T. (1978). *La dimension cachée*, Paris : Éd. Points du Seuil, coll. Essais, [1^{ère} édition 1966]. On trouve une bonne présentation des travaux de Edward T. Hall dans la partie intitulée "l'espace est-il donné ou construit ?" sur le site Internet : www.philocours.com.

en chaque point, il est centré sur chaque individu. Cela lui définit un point, un lieu d'origine précis et individualisé. Il n'est pas non plus isotrope. Comme il est centré sur chaque individu, toutes les directions ne sont pas équivalentes. Hall est parmi les premiers à développer la notion de **proxémie** par l'étude de situations de communication⁴⁰. Il définit des zones, comme des sphères centrées autour de chaque individu, qui sont autant d'espaces dans lesquels se jouent les relations au cadre bâti et à autrui. Il distingue principalement quatre bulles, quatre distances pouvant varier selon les individus, les cultures, mais globalement la hiérarchie reste la même :

- une distance intime (allant du contact à 45 cm) ;
- une distance personnelle (de 45 à 125 cm) ;
- une distance sociale (de 1 m 25 à 3 m 60) ;
- et une distance publique (de 3 m 60 à au-delà).

Ces distinctions permettent une qualification de l'espace définissant et régissant des états de relations "potentielles". On reviendra sur les avantages et les inconvénients de ce genre de découpage dans le chapitre II au moment de définir les caractéristiques d'un modèle. Mais un de ses inconvénients est que dans cette acceptation c'est l'individu qui est l'unité élémentaire et non l'interaction reliant les entités. Il paraît plus intéressant de définir directement comme élément de base **la situation d'interaction** (deux éléments individualisés plus leur interaction), même si elle est restreinte pour des raisons d'étude.

Il n'y a pas forcément opposition entre ces différentes façons de modéliser l'espace. Ernst Mach développait déjà l'idée d'une relation entre un espace et un temps physiologique (avec la notion capitale "d'orientation" dans ses travaux) et d'un espace et d'un temps géométrique. "Le fait que les qualités sensorielles soient organisées dans leur connexion prouve que la localité de l'objet par rapport à d'autres objets (dans l'espace géométrique) n'est pas la même chose que cette localité de l'objet par

⁴⁰ Un autre texte d'Edward T. Hall intitulé "Proxémique" présente cette notion dans l'ouvrage d'Yves Winkin (1981). *La nouvelle communication*, (Textes recueillis et présentés par), Paris : Éd. du Seuil, coll. Essais, pp. 191-221.

rapport à nous"⁴¹. L'espace newtonien (donné) et l'espace qualitatif (construit) ne sont que deux points de vue parmi d'autres possibles sur la notion d'espace. Ces deux points de vue sont complémentaires ; et pour décrire certains phénomènes⁴² sensibles on aura recours à l'une ou l'autre de ces conceptions de l'espace.

Mais ces relations - qui définissent des situations d'interaction - ne sont pas des éléments statiques, établies une fois pour toutes, et indépendantes du reste du monde. Elles sont la possibilité même de toute évolution, de toute communication, de toute transformation. Les relations ont besoin des dynamiques pour être. Le temps est leur espace premier d'évolution.

Penser ce temps des relations pris dans un contexte, c'est changer d'épistémè sur l'espace : c'est passer des théories de l'action isolée aux théories de l'interaction située, c'est passer des théories de l'objet isolé aux théories de la relation située.

Toute relation est dynamique, toute dynamique engage des relations.

1.4. Dynamique & Co. : définitions

Sensible, **construit** ou **agi**, quel que soit le rapport selon lequel on considère l'espace, on est bien en présence d'un espace dynamique. Un espace immuable, statique à jamais, n'existe qu'en théorie. L'espace sensible s'appréhende par l'**expérience** de tous les sens et par le mouvement. L'espace construit est toujours un **processus** en évolution. L'espace agit sur nos actions autant qu'il est agi par celles-ci, dans une **relation** permanente, proche de l'interaction. L'espace façonne nos modes d'habiter autant que nos modes d'habiter façonnent l'espace.

⁴¹ Mach Ernst (1996). *L'analyse des sensations - Le rapport du physique au psychique*, Op. Cit. introduction de J.-M. Monnoyer, p.XVI.

⁴² Pour définir à minima ce que l'on entend par phénomène, on retiendra deux aspects présents dans les définitions de base que l'on trouve pour ce terme, à savoir : "ce qui se manifeste à la conscience" et "ce qui fait événement". In *Le Nouveau Petit Robert* (1996). Op. Cit., p. 1658.

Dans tous les cas, on est en présence de **formes spatiales dynamiques**. C'est ce que l'on va regrouper sous le terme **morphodynamique** (littéralement "forme dynamique").

Différents termes s'apparentent à la notion de dynamique. Il peut être utile de faire un point sur ceux-ci afin de les utiliser pour la suite dans un sens explicite.

Le passage par **la mécanique** permet de bien différencier certains termes. De plus, ce champ sera celui dans lequel, dans la suite de ce travail, nous situerons le modèle numérique utilisé. La mécanique est *l'étude des lois qui régissent le mouvement des systèmes matériels*. Le but de la mécanique est donc d'élaborer des théories qui rendent compte d'expériences et éventuellement de prédire les résultats des celles que l'on n'a pas encore réalisées. Pour l'éclaircissement de ce terme, on peut se reporter à différents manuels de mécanique générale. La mécanique utilise comme grandeurs fondamentales la longueur, le temps, la masse et la force.

La cinématique est *l'étude des mouvements (trajectoire, vitesse, etc.) indépendamment des causes physiques qui les créent (les forces) et des "objets" (la masse)*. La cinématique fait intervenir la longueur et le temps. La cinématique ne peut pas prédire le mouvement, elle ne peut que le décrire. En amont à la cinématique, il y a classiquement la géométrie, qui elle, ne fait intervenir que la notion d'espace, en supprimant la dimension temporelle.

La cinétique est *l'étude de la relation entre les forces appliquées et la cinématique des corps*. Elle fait intervenir la longueur, le temps et la masse.

La dynamique essaie de prédire un mouvement à partir de la connaissance de forces qui interviennent. Elle fait intervenir la longueur, le temps, la masse et la force.

Dans cette perspective, **la statique** est un cas particulier de la dynamique. Il s'agit de *l'étude des systèmes dynamiques à l'équilibre* (lorsque l'on a la somme des forces

appliquées en chaque point qui est égale à zéro)⁴³. Elle fait intervenir la longueur, la masse et les forces. Il s'agit de systèmes dans lesquels le temps n'intervient pas.

Pour connaître et prédire des formes dynamiques, ont été développées des théories que l'on peut nommer **morphodynamiques** est nommées parfois morphogénétiques : "Les théories morphogénétiques cherchent à décrire, et si possible à expliquer, l'apparition, le maintien et la disparition des formes, à comprendre leur genèse et à rendre compte de leur stabilité, et ce dans une multitude de domaines"⁴⁴. Ces modèles utilisent en général des règles physico-mathématiques. Ils modélisent le passage du quantitatif au qualitatif et vice-versa. Plus précisément, ils permettent l'étude de phénomènes qui offrent des non-linéarités quantitatives, des bifurcations significatives qui peuvent être la base de processus de catégorisations cognitifs. Cette recherche de formes significatives pour la perception peut être aussi nommée **sémiophysique**⁴⁵.

D'autres termes comme **morphogénétique** et **morphogenèse** rendent compte de cet aspect dynamique des formes. Mais leur usage implique une dimension du vivant (l'idée de naissance et de mort), du biologique (gènes) trop explicite pour notre domaine d'étude : "développement des formes, des structures caractéristiques d'une espèce vivante". De même pour le terme de **morphologie** qui rend compte de l'apparence des choses et pas de leur structure interne : "Étude de la configuration et de la structure externe (d'un organe ou d'un être vivant) / Forme, configuration, apparence extérieure (d'un organisme vivant)"⁴⁶. La morphologie a à voir avec la statique et l'inanimé.

Les phénomènes dans l'espace construit accessible à nos sens engagent une dynamique. Le phénomène lui-même peut avoir son propre processus dynamique, mais quoi qu'il en soit, notre rapport à ce phénomène, par la perception et l'action

⁴³ Cf. pour la statique appliquée à l'architecture Lavigne Pierre (non daté). *Approche scientifique des structures. Tome 1 - Le cours*. Polycopié de cours, École d'architecture de Grenoble

⁴⁴ In Boutot Alain (1993). *L'invention des formes*, Paris : Éd. Odile Jacob, p. 19.

⁴⁵ C'est dans ce sens-là, que Jean Petitot emploie le terme de sémiophysique in (1985). *Morphogenèse du sens*, Paris : Éd. P.U.F., et dans l'ouvrage de René Thom (1991). *Esquisse d'une sémiophysique*, Paris : Éd. InterÉditions, [1988 1ère édition]

⁴⁶ Définitions relevées dans *Le Nouveau Petit Robert*. Op. Cit.

entretenues avec lui, est forcément un rapport dynamique. Il y a toujours un avant, un pendant et un après.

En résumé, le terme de "morphologique" renvoie plutôt au domaine de la physique statique avec une dimension mesurable. Le terme de "morphogénétique" renvoie plutôt au domaine de la biophysique avec une dimension du vivant. Et le terme "morphodynamique" qui renvoie plutôt au domaine de la sémiophysique sera celui que nous garderons car il permet d'articuler la physique et le phénoménal, le mesurable et le signifiant.

Parce que l'ensemble des phénomènes accessibles à nos sens dans l'espace construit est composé de formes sensibles qui sont dynamiques, nous regrouperons ces phénomènes sous le terme **de phénomènes dynamiques** (en considérant que les phénomènes ont une dynamique mais pas forcément de forme) ou encore **phénomènes morphodynamiques** (en considérant que les phénomènes ont une dynamique et que cette dynamique peut être appréhendée comme une forme).

2. Le passage de l'analyse à la conception - problématique et enjeux

2.1. Comment impliquer la connaissance dans les pratiques de projet ?

L'analyse de l'espace bâti a énormément progressé depuis ces dernières années. La ville est devenue un objet d'étude en elle-même. Elle est abordée par les urbanistes, bien entendu, mais aussi par les géographes, les architectes, les sociologues, les philosophes, les physiciens... De plus en plus, l'étude des espaces prend en compte de façon interdisciplinaire les dimensions construites (le bâti, les composantes physiques), les dimensions sensibles (actions, perceptions) et les dimensions sociales de la ville (usages, représentations). De même, il devient courant de considérer les dimensions temporelles de l'espace urbain et ses évolutions spatio-temporelles⁴⁷. Les savoirs s'accumulent. L'interdisciplinarité permet d'aborder la ville dans sa globalité et dans sa complexité.

Par ailleurs, **la conception de l'espace bâti** tient de plus en plus compte du contexte, des dimensions sensibles et des aspects sociaux de la ville. On est très loin, généralement, de l'idée extrême d'une table rase possible prônée par la Charte

⁴⁷ On peut avoir un assez bon aperçu de cette pluridisciplinarité des approches de la ville avec les trois ouvrages regroupant de nombreux articles sous la direction de Denise Pumain (1996). *Données urbaines - tome 1* (1998). *tome 2*, (2000). *tome 3*, Paris : Éd. Économica, col. Anthropos. Sur la dimension temporelle, toujours un collectif d'auteurs : Lepetit Bernard, Pumain Denise (1998) (sous la direction de). *Temporalités urbaines*, Paris : Éd. Économica, col. Anthropos [1ère édition 1993].

d'Athènes. De nombreux architectes aujourd'hui revendiquent une attitude qui prend en compte le sensible et compose avec le contexte social autant qu'avec l'environnement physique. L'espace dans lequel nous vivons est plurisensoriel, dynamique, relationnel et l'architecture contemporaine se sent explicitement concernée par ces aspects.

Sur ce sujet, les architectes possèdent des savoirs et des savoir-faire souvent intuitifs qui peuvent produire des architectures de grande qualité, au point de vue sensible autant qu'au point de vue des usages. La nécessaire prise en compte du contexte et des dimensions sensibles implique obligatoirement une phase d'analyse, même légère. Mais comment le projet tient-il compte par la suite des caractéristiques sonores, lumineuses, tactiles, thermiques relevées sur le site ? Comment le projet intègre-t-il la dimension dynamique de l'espace présente lors de l'étude ? Comment sont pensés les usages, les cheminements, les appropriations, etc. ? Des travaux commencent à rendre possibles ces liens. Pourtant, **il semble bien, qu'actuellement il y ait quand même un hiatus entre cette phase d'analyse et la phase de conception.** Ce hiatus se situe à deux niveaux :

- il peut y avoir une déconnexion forte entre les connaissances sur l'espace et la conception de celui-ci ;
- le passage entre la phase d'analyse et la phase de conception existe bien, il est même parfois revendiqué, mais son fonctionnement relève d'une boîte plus ou moins noire.

Comment alors établir (ou rétablir) des liens explicites entre, d'un côté, les connaissances sur l'espace sensible, construit, agi et, de l'autre côté, la conception de cet espace ?

Formulée autrement, cette problématique très générale déclenche une série d'interrogations :

- Comment articuler les caractéristiques dégagées par l'analyse de l'espace sensible avec la phase de conception ?

- Quelles méthodes et quels outils d'analyse convient-il alors d'utiliser pour élaborer le projet ? En quoi l'usage de ces outils, de ces méthodes peut-il cesser d'être une étape indépendante, toujours située en amont du projet, mais bien une des phases constitutives du projet même ?

Cette dernière question demande de concevoir l'analyse non plus comme une activité neutre et détachée de toute intention de projet, mais comme une activité qui relève d'une attitude envers le contexte et comme faisant partie intégrante du projet. Cette attitude est un parti pris sur le projet, une implication⁴⁸ : **c'est déjà du projet.**

Toutes ces questions sont des problèmes récurrents dans toute activité de projet.

2.2. Comment faire pour réintroduire le temps dans la conception de l'espace ?

En gardant ce point de vue de l'architecte ou de la personne qui doit intervenir sur l'espace - c'est-à-dire de la personne qui traditionnellement élabore le projet -, on remarque qu'en pratique, la place de la phase d'analyse dans le projet - de ses modalités à son exploitation - est à peu près toujours problématique. C'est sans doute qu'il faut y voir la manifestation d'une vraie question théorique. Il se peut qu'une des clefs pour une réponse à cette question soit au niveau de la dimension temporelle. On pourrait alors formuler autrement cette interrogation :

Si la dimension temporelle devient présente dans l'analyse, **comment faire pour réintroduire le temps dans la conception de l'espace ?** Comment

⁴⁸ Pascal Amphoux fait la différence entre recherche appliquée et recherche impliquée. Sauf à imaginer qu'une théorie s'applique quels que soient le contexte et le projet, d'une façon universelle, toute proposition de recherche implique une visée qu'il devrait être important d'explicitier en amont à son déroulement. Par exemple, dans quels objectifs faisons nous une campagne de mesures ? Pour cautionner un projet, le remettre en cause, en suggérer un ? Selon la question, les méthodes et la présentation, les résultats peuvent différer radicalement et engendrer des logiques de projet très différentes. Cf. sur la notion de **théorie impliquée** Amphoux Pascal (2000). "Petit manifeste pour une métamorphose de la pédagogie du projet", in *Trames, revue de l'aménagement*, Université de Montréal, Janvier.

concevoir l'espace en y associant une conception du temps qui permette à la fois de penser l'espace sensible, l'espace construit et l'espace agi ?

Poser la question de l'articulation de l'espace et du temps revient en fait à se demander **comment passer d'une pensée de la forme à une pensée du mouvement ?** Peut-on utiliser de façon commune pour l'analyse et la conception une notion qui se situe en amont des formes, une notion qui exprime leur genèse, leur devenir ? C'est en réponse à cette vaste question que nous posons l'hypothèse générale qui sous-tend ce travail :

La dynamique ouvre un champ de recherche opératoire qui permet d'articuler analyse et conception de l'espace dans ses modalités sensibles, construites et agies.

Cette hypothèse n'en est pas tout à fait une. Nous n'allons pas la vérifier. Il s'agit plutôt d'une hypothèse de travail, d'une règle du jeu que l'on se donne.

La dynamique semble bien pouvoir ouvrir un champ de recherche face aux enjeux d'une articulation pensée entre l'analyse et la conception de l'espace dans ses dimensions sensibles, construites et agies. **En effet, la dynamique apparaît par trois fois comme transversale :**

- **aux modalités sensorielles.** Sonores, visuels, thermiques, tactiles, olfactifs, etc., les phénomènes sensibles ont des propriétés d'apparition, de maintien et de disparition spécifiques lorsqu'ils sont vécus. Ce sont des caractéristiques dynamiques. La dynamique est une notion *a-sensorielle*, c'est-à-dire inhérente à chaque phénomène sensible. Le *a-* de *a-sensoriel* ne doit pas être entendu comme un *a-* privatif, mais plutôt comme un *a-* signifiant *ne dépend pas* d'une modalité sensorielle particulière. On peut donc la considérer comme *trans-sensorielle* car la dynamique traverse les frontières entre les modalités sensorielles.

- **Aux disciplines qui s'intéressent à l'espace construit.** On utilise la dynamique dans les sciences physiques, les sciences humaines, les sciences cognitives. C'est une notion *transdisciplinaire* (au sens où elle traverse les frontières entre les disciplines : des sciences physiques aux sciences sociales, du domaine de l'art à celui de l'architecture). Cette transdisciplinarité est illustrée dans la partie 5.5. *Apparition de la dynamique dans les disciplines les plus diverses.*
- **Aux modes d'actions sur le monde.** En effet, quelle que soit sa nature, toute action engage une dynamique. Elle a un début, un déroulement et, sauf à être toujours en cours, une fin. À ce titre, on peut considérer la dynamique comme *transactionnelle*.

***Trans-sensorialité, trans-disciplinarité, et trans-actionnalité.* De par cette triple nature transversale de domaines qui touchent autant l'analyse que la conception, la notion de dynamique⁴⁹ permet de supposer qu'elle puisse devenir une notion pragmatique autorisant de nouveaux passages entre justement les phases d'analyse et les phases de conception.**

En effet, si la dynamique est une notion pragmatique et opératoire, elle est alors une notion adaptée à l'action sur le réel et utilisable comme un outil. Bref, elle serait **une notion avec laquelle on peut opérer dans le monde et donc sur le monde.**

Cependant, en formulant ainsi cette notion, il apparaît nécessaire de préciser le terme même de dynamique. Son usage est multiple, comme on l'a montré dans la partie introductive⁵⁰. En indiquant que quelque chose est dynamique, on a à la fois une

⁴⁹ Mais qu'est ce que la dynamique en dehors d'être une branche de la mécanique ? Est-ce une notion, un concept, autre chose ? Il n'est pas facile de donner une réponse claire à cette question. En disant que c'est une notion, nous prenons une précaution. En effet, **une notion est à la fois un élément de connaissance intuitive** (tout le monde comprend quand on dit que quelque chose est dynamique) **et un objet abstrait de connaissance** (même si on en a une connaissance intuitive, les définitions précises de la dynamique renvoient directement à des outils mathématiques). Le terme de concept sert lui aussi à définir un objet abstrait de connaissance, mais sans renvoyer à une connaissance intuitive. De plus l'idée de concept implique une définition plus précise que ce qui est nommé par une notion.

⁵⁰ Cf. : 1. Trois dynamiques de l'espace - situation du sujet.

qualification très signifiante qui dit explicitement que la chose n'est pas statique, en étant pourtant d'aucune précision sur la nature même de cette dynamique.

Aussi, afin de préciser cette notion, nous en distinguerons trois autres déjà énoncées en introduction dont nous faisons l'hypothèse qu'elles sont elles aussi pragmatiques et opératoires. Ces trois notions déclinent la notion de dynamique en s'articulant entre elles comme des *étages* :

Il s'agit des notions de relation, de processus et d'expérience.

3. De la dynamique aux ambiances - hypothèses

Cette partie présente tout d'abord les trois notions de relation, de processus et d'expérience, pour ensuite montrer comment elles permettent de passer de la dynamique à la notion d'ambiance.

3.1. Trois étages de la dynamique - trois modalités d'articulation

Relation, processus, expérience, ces trois étages désignent des *niveaux*, au sens logique du terme. S'il était possible d'avoir des niveaux de pertinence phénoménologique, on pourrait dire que la relation est un élément de dynamique en deçà du phénomène, que le processus est la dynamique du phénomène et que l'expérience est la préhension sensible de cette dynamique. Le terme *niveau* renvoie à l'idée de hiérarchie. Il y a des niveaux et des sous-niveaux imbriqués.

Mais ces trois *niveaux* désignent aussi des *étages*, au sens constructif du terme. Le terme *étage* renvoie alors à la métaphore habitante. On peut effectivement voir ces trois notions comme des étages d'un ensemble qui serait la dynamique générale. Le premier étage est la notion de relation, base nécessaire à la construction des autres étages. Le deuxième étage est la notion de processus et le dernier la notion l'expérience. Ces étages ne sont pas interchangeables. Par contre les étages du dessus

ont besoin des étages du dessous pour exister. Le réciproque n'est pas valable. La dynamique est une construction. La métaphore habitante s'arrête là.

Le choix de ces trois notions - relation, processus et expérience - s'appuie sur l'idée qu'elles sont bien des notions fondamentalement dynamiques. Et, qu'à ce titre, elles puissent être, elles aussi, des notions trans-sensorielles, transdisciplinaires et transactionnelles. L'enjeu est bien toujours de pouvoir développer des méthodes et des outils qui soient communs à l'analyse et à la conception de l'espace - sensible, construit et agi - en utilisant la dynamique comme composante fondamentale. Notre seconde hypothèse de travail devient alors tout naturellement la suivante :

Cette composante dynamique peut être déclinée à partir des notions d'expérience, de processus et de relation.

Afin de présenter ces notions et de dire en quoi ces trois notions spécifient la notion de dynamique, on commencera par le 1^{er} étage, le niveau de la relation, puis on montera à l'étage suivant au niveau du processus, pour arriver au dernier étage, celui de l'expérience.

3.1.1. Relation

On n'est jamais seul. On n'est jamais deux. On est toujours au moins trois...

Être seul, c'est être abstrait, c'est être soustrait à tout contexte, c'est impossible. Être deux, c'est déjà être trois : 1 + 1 + **liaison**. Ce trio définit un ensemble relationnel. Si la liaison n'existe pas il n'y a pas de relation, cela revient à être seul, chacun sans conscience de l'autre. Il n'y a pas de dualisme possible, l'ensemble (1 + 1 + **liaison**) est toujours dans un rapport de tension. Il définit déjà une situation relationnelle tout autant qu'une relation en situation. Il s'agit là des éléments minimums mais nécessaires pour définir une situation. A est en relation avec B. Cette chaise **est sur** le sol, Georges **discute avec** Raymond... Et qui plus est, bien souvent, on est beaucoup plus que trois...

Si un élément ne peut exister seul, une liaison non plus ne peut exister seule. **La relation est le rapport défini par une liaison et les éléments qu'elle relie. Pour que cette relation soit active, il faut que la liaison exerce des actions.**

Si les actions exercées par la liaison sur les éléments liés sont égales et opposées, on parle alors d'**interaction**. L'interaction est un type particulier de relation : une liaison qui engage une réciprocité des actions.

Les liaisons sont en amont de la qualité. Elles rendent possible l'émergence de la qualité par un processus. Elles rendent possible l'action, la communication, etc. Elles rendent possible l'appréhension et la préhension de l'autre en définissant des relations. Les relations *existent*⁵¹ (au moins comme "objet" d'étude). Raymond Poincaré affirmait que l'expérience ne porte pas sur les choses, mais sur leurs rapports. Ce que l'expérience "peut atteindre, ce ne sont pas les choses elles-mêmes, comme le pensent les dogmatistes naïfs, ce sont seulement les rapports entre les choses : en dehors de ces rapports, il n'y a pas de réalité connaissable". "L'expérience nous fait connaître des relations entre les corps ; c'est là le fait brut."⁵²

Les liaisons permettent de mettre en relation des éléments. Quand elles sont actives et que ces actions égales et opposées, elles définissent des interactions. Les liaisons sont des connecteurs - définis par des opérations - permettant l'interaction avec le monde.

Ces notions imbriquées de relation, de liaison et d'interaction permettent de revenir sur la définition de ce que nous nommons un phénomène sensible. Serge Daney, écrivain *en* cinéma, propose une très belle formulation de ce qu'est, pour lui, une

⁵¹ "Les relations sont au milieu, et existent comme telles. Cette extériorité des relations, ce n'est pas un principe, c'est une protestation vitale contre les principes." In Deleuze Gilles, Parnet Claire (1996). Op. Cit., p. 69.

"En effet si les relations sont extérieures et irréductibles à leurs termes, la différence ne peut être entre le sensible et l'intelligible, entre l'expérience et la pensée, entre les sensations et les idées, mais seulement entre deux sortes d'idées, ou deux sortes d'expériences, celle des termes et celle des relations." In Deleuze Gilles, Parnet Claire (1996). Op. Cit., p. 70.

⁵² *La science et l'hypothèse*, p. 4, puis *La valeur de la science*, p. 163, citées in Schmid Anne-Françoise (2001). *Henri Poincaré. Les sciences et la philosophie*, Paris : Éd. L'Harmattan, p.95 et p. 125.

forme sensible. "Toute forme est un visage qui me regarde"⁵³. C'est une définition qui appelle au dialogue. De cette formulation, on peut assez facilement extrapoler un élément de définition de ce qu'est un phénomène sensible. Un phénomène sensible ne serait pas juste ce qui se manifeste à la conscience (ou même inversement ce que la conscience manifeste), mais bien **une situation relationnelle qui met en liaison et parfois en interaction des éléments d'un contexte.**

Mais qu'est-ce qu'une forme qui serait relationnelle dans son essence même, si ce n'est une dynamique ? Nicolas Bourriaud, critique d'art, en parlant de cette phrase de Daney, précise que "la forme est une dynamique qui s'inscrit à la fois, ou tour à tour, dans le temps ou dans l'espace. La forme ne peut naître que d'une rencontre entre deux plans de réalité"⁵⁴.

Pour Daney, la forme est bien dans l'échange, dans la rencontre. De la notion de relation à celle de rencontre, qui nécessite l'échange, on glisse progressivement de la notion de relation à celle de processus (et même déjà d'expérience, si on considère la situation vécue).

3.1.2. Processus

Un processus est un ensemble d'éléments actifs qui s'organisent dans le temps⁵⁵.

Un processus **se déroule** dans le temps et **s'agence** dans l'espace.

Pour l'étude des phénomènes sensibles, le processus est la modalité d'émergence du phénomène même. Il permet leur mode d'apparition, de maintien et de disparition. Plus encore que de le permettre, il est leur mode d'apparition, de maintien et de disparition. **Il est** leur dynamique.

⁵³ Serge Daney, *Persévérance*, Éditions P.O.L., 1992, p. 38.

⁵⁴ Nicolas Bourriaud, *Esthétique relationnelle*, Éd. Les Presses du Réel, Dijon, 1998, p. 24.

⁵⁵ Définition remaniée à partir de : *Le Nouveau Petit Robert*. Op. Cit. "Ensemble de phénomènes, conçu comme actif et organisé dans le temps" p. 1786.

Ces déroulements et ces agencements peuvent s'énoncer, se réciter à condition d'en faire l'expérience. Par l'expérience que l'on en a et que l'on en fait, ils nous sont événement. Le processus a des propriétés intrinsèques qui lui sont propres, qui définissent la dynamique du phénomène sensible. Mais pour qu'un processus **fasse** événement, il faut un autre actant et il faut qu'il y ait rencontre. "L'événement en lui-même est neutre, puisqu'il est ce qui advient en fait, en un fait, mais d'autre part, par son sens même, il apparaît indissociable d'une adresse ou d'une destination"⁵⁶.

L'événement dit le processus autant que le processus permet l'engendrement de l'événement. Pour qu'ils fassent événement, les processus sont forcément ancrés dans un contexte événementiel. L'événement est l'interprétation autant que l'interpellation du processus par un actant. C'est quelque chose qui advient et que l'on fait advenir. C'est quelque chose que l'on reconnaît et qui nous reconnaît.

Le processus est la construction d'une dynamique. Quand il fait événement, il devient une herméneutique du temps et de l'espace. Tout processus est le déroulement et l'agencement d'une opération du monde.

Le processus, à condition d'être vécu, définit une pragmatique de l'événement. Cela nous emmène à l'étage supérieur, celui de l'expérience.

3.1.3. Expérience

On a des expériences. On fait des expériences. C'est tout à la fois un passif et un actif. C'est une habitude (on en a la connaissance, on le sait) et c'est un essai (on en fait l'expérimentation, on veut savoir). C'est une épreuve (on éprouve) et c'est une tentative (on veut prouver).

L'expérience, c'est "la connaissance par l'épreuve" disait Eschyle. L'expérience est-elle une connaissance du monde qui passe par soi ou une connaissance de soi qui passe par le monde ? Qui expérimente qui ? Faire une expérience c'est passer à

⁵⁶ Romano Claude (1998). Op. Cit., p. 46.

travers, c'est éprouver tout autant qu'effectuer. "L'expérience est d'abord un danger, un risque"⁵⁷.

Ce double sens du terme "expérience" renvoie directement au double sens du terme "sensible". En associant ces deux sens, on désigne la modalité d'*effectuation* de l'expérience. L'expérience advient grâce aux sens et à la sensibilité. L'expérience sensible n'enseigne pas directement. Elle a la propriété première de rendre disponible le monde et de faire que l'on se rend disponible au monde. Bien avant d'être la connaissance d'un fait, l'expérience est avant tout une épreuve unique, lieu et temps de l'avènement de ce qui va faire l'événement. Toute dynamique vécue est expérience sensible.

Faire une expérience sensible permet d'expérimenter un lieu tout autant qu'expérimenter un lieu permet d'en avoir une expérience sensible. La différence est légère et réside principalement dans l'intention. "Expérimentez, n'interprétez jamais" disait Deleuze⁵⁸.

Le monde opère sur notre expérience tout autant que l'expérience permet d'opérer sur le monde (opérer au sens d'accomplir une action).

L'espace vécu n'est pas réductible à une simple addition de phénomènes sensibles dont nous ferions l'expérience tour à tour. Cet ensemble de phénomènes que nous percevons, que nous générons, avec lequel nous interagissons forme un tout *in situ*, **une ambiance**. Or, cette notion d'ambiance va permettre d'articuler les trois notions expérience, processus et relation.

⁵⁷ Romano Claude (1998). *L'événement et le monde*, Paris : Éd. P.U.F., p. 196.

⁵⁸ Deleuze Gilles, Parnet Claire (1996). *Dialogues*, Paris : Éd. Flammarion, coll. Champ, p. 60.

3.2. La notion d'ambiance comme champ théorique et pragmatique d'investigation des trois étages

Pour aborder la notion d'ambiances architecturales et urbaines, les travaux du Cresson⁵⁹ par des études *in situ* ainsi que ceux du Cerma⁶⁰ avec la modélisation comme outil ont participé à montrer la nécessité d'une approche interdisciplinaire⁶¹. L'étude des phénomènes sensibles, qu'ils soient sonores, visuels, tactiles, etc ou de façon générale multisensoriels, implique de tenir compte de leurs dimensions physique, spatiale, et sociale. Cette complexité conduit à rechercher des outils et des notions, autant pour l'analyse que pour la conception, qui soient **transversaux** aux différentes disciplines et aux différentes modalités sensorielles : il s'agit là tout autant d'une règle que l'on peut se donner à appliquer, que d'un objectif que l'on chercherait à atteindre.

Interdisciplinaire, trans-sensorielle, commune à l'analyse et à la conception, ancrée à l'*in situ*, de nombreux travaux postulent et montrent que la notion d'ambiance peut être un modèle d'intelligibilité pertinent à la fois comme cadre théorique pour l'approche de l'espace sensible, et comme outil pratique pour rétablir le dialogue entre l'analyse et la conception.

Proposition d'ancrage théorique : la notion d'ambiance peut être un modèle d'intelligibilité pour appréhender l'espace sensible, construit et agi en tenant compte de la dynamique.

⁵⁹ Laboratoire Cresson - Centre de Recherche sur l'Espace Sonore et l'Environnement Urbain - Unité Mixte de Recherche n°1563 - CNRS / Ministère de la Culture et de la Communication. École d'architecture de Grenoble.

⁶⁰ Le laboratoire Cerma [Centre d'études et de Recherches sur la méthodologie architecturale - UMR CNRS 1563] est implanté à l'École d'Architecture de Nantes. Son travail sur les dimensions sensibles de l'espace s'appuie principalement sur le développement de nombreux outils de modélisation numérique.

⁶¹ Nous rentrons déjà ici dans le cœur de la thèse. Pour avoir un petit historique de la naissance de la notion d'ambiance dans les champs de l'architecture et de l'urbanisme, des éléments de définition et un état des lieux des travaux qui s'y réfèrent, on peut par un aller-retour se reporter au chapitre [5. La notion d'ambiance - un champ d'interrogation].

Mais, trouver un modèle d'intelligibilité pour appréhender les ambiances, ce n'est pas toujours arriver à dire de quoi elles sont exactement constituées, mais c'est dire au moins des outils qui aident à savoir comment elles se constituent.

Avec un minimum de consensus sur les ambiances, on peut postuler que se sont autant les individus qui construisent les ambiances, que les ambiances qui construisent les individus : nous participons à cette construction autant que nous l'éprouvons. Il s'agit là bien plus que d'une constatation *palindromatique* (nous l'éprouvons parce que nous y participons, nous y participons parce que nous l'éprouvons). Il s'agit d'une relation qui nécessite une liaison bilatérale, il s'agit donc **d'une interaction**.

Dans cette question du *Qui éprouve et constitue qui ?* Ce n'est pas les *Qui* comme réalités objectives, **nécessaires** à la connaissance, qui sont *in fine* l'objet d'étude de la notion d'ambiance, mais bien l'entre-deux des termes, ce qui les relie : l'*éprouve* et le *constitue*.

Voir les ambiances comme une relation au monde⁶², que se soit pour les concevoir, les analyser autant que pour les vivre. Aussi, dans l'intention d'approcher les ambiances, le terme "approche" désigne le nécessaire engagement de l'individu, engagement à dimensions *synesthésique* autant que *cénesthésique*. Il s'agit là, non plus d'avoir uniquement un point de vue sur l'espace - même s'il se fait multiple pour devenir interdisciplinaire - pour connaître les ambiances mais de mettre en situation, de se mettre en situation, pour éprouver cette relation au monde.

Quel est le marqueur générique de notre relation au monde⁶³ ? Sommes-nous : nous *et* le monde ? Nous *dans* le monde ? Nous *avec* le monde ? Erwin Straus propose de

⁶² Il s'agissait, formulé ici un peu différemment, d'une des deux prérogatives nécessaires pour aborder la notion d'ambiance : "La notion d'ambiance engage un rapport sensible au monde" et "La notion d'ambiance est fondamentalement transversale et interdisciplinaire." dans le travail mené par Pascal Amphoux & alii, *La notion d'ambiance. Une mutation de la pensée urbaine et de la pratique architecturale*, Éditions Plan Urbanisme Construction Architecture, Paris, 1998.

⁶³ Mais qu'est-ce que le monde ? Claude Romano en donne une définition qui semble assez bien convenir à notre triptyque "Expérience, processus, relation" :

"Le monde désigne, en effet, l'horizon de sens de toute compréhension, c'est-à-dire la totalité des possibilités articulées entre elles à partir desquelles une interprétation est possible, la totalité des

substituer le *et* et le *dans* par un *avec*⁶⁴. Nous *avec* le monde. "L'*avec* implique que dans le sentir, je n'éprouve pas moi-même et le monde par surcroît, mais que l'expérience vécue du sentir se déploie dans deux directions, vers le monde et vers le moi. Sentir est *éprouver sympathiquement*, c'est-à-dire que dans le sentir, je vis des transformations de ma relation au monde qui dépasse et réunit tous les mouvements particuliers individuels."⁶⁵ En parlant de sa relation au monde, il indique bien que cette relation est en fait une interaction : *qui se déploie dans deux directions*. Puis il donne les arguments pour un je *dans* le monde, "comme une partie de celui-ci et pourtant opposé à lui. [...] L'expérience spatiale du sentir inclut donc l'*être-dans*, et avec celui-ci l'orientation, le devenir, le temps."⁶⁶ La difficulté pour nommer cette relation originelle peut être, si elle n'est résolue, du moins contournée, en proposant que nous sommes *du* monde. On remplace deux prépositions (*dans* et *avec*) par un déterminant partitif (*du*) englobant les deux.

Cette relation au monde est à la fois le lieu de la singularité absolue (de par l'expérience sensible qui est vécue individuellement) et à la fois le lieu d'un collectif partageable. Étant *du* monde, on postule l'existence d'un monde commun et partageable (nécessaire à toute relation). C'est un vécu individuel d'une expérience nécessairement collective et partagée.

Tous les éléments nécessaires à une approche des ambiances définie par la dynamique sont réunis. Leur agencement constitue notre hypothèse théorique.

possibilités interprétatives qui prescrivent d'avance au comprendre l'horizon à partir duquel, seulement, il se déploie et s'accomplit. Cet "horizon" est lui-même une structure herméneutique et désigne la totalité des possibilités à partir desquelles un sens, comme tel, peut donc advenir un jour." In Romano Claude (1998). Op. Cit., p. 51.

⁶⁴ De la même façon Serge Daney ne disait pas qu'il écrivait *sur* le cinéma mais *avec* le cinéma. Le cinéma devenait alors son compagnon pour l'action, pour la pensée et non pas l'objet de sa pensée.

⁶⁵ Straus Erwin (1989). Op. Cit., p. 566.

⁶⁶ Ibid., p. 566.

En admettant qu'il est possible de concevoir les ambiances comme une relation⁶⁷ entre soi et le monde, le triptyque notionnel - relation, processus et expérience -, permet une approche des ambiances par l'agencement suivant :

- 1/ Les ambiances s'éprouvent par une expérience sensible ;**
- 2/ Ces expériences sensibles s'actualisent dans et par un processus (i.e. une construction dynamique) ;**
- 3/ Ces constructions dynamiques émergentes sont le résultat d'interactions entre des éléments d'un contexte.**

On rejoint par cet agencement, une idée déjà exprimée par Pascal Amphoux : **l'ambiance n'a pas de forme, elle n'a qu'une dynamique.**

Nous venons de définir la notion d'ambiance comme champ théorique et pragmatique d'investigation des trois étages de la dynamique que sont la relation, le processus et l'expérience. Ce champ sera abordé par deux études de cas qui seront comme deux modalités concrètes d'investigation de notre problématique. À cette fin, et afin de ne pas rester uniquement théorique, il nous faut maintenant définir des principes méthodologiques pragmatiques pour aborder les ambiances.

⁶⁷ Ici, il s'agit bien d'une relation et non d'une interaction. Une relation n'implique pas l'action réciproque, mais elle définit ici seulement la situation relationnelle que tout un chacun constitue avec le monde.

4. Le récit et le modèle physique - méthodes

Nous avons fait l'hypothèse de travail que les notions de relation, de processus et d'expérience peuvent opérer un passage entre l'analyse et la conception de l'espace sensible, construit et agi. Pour que ces notions deviennent des modalités d'articulation entre l'analyse et la conception, il nous faut les déployer à travers des principes méthodologiques.

Pour cela, nous nous appuyerons sur deux grands principes méthodologiques :

- **la description,**
- **et la modélisation.**

D'une façon plus précise, nous utiliserons les outils méthodologiques suivants :

- **Le récit** comme outil analogique de description,
- **Le modèle physique** comme outil numérique de modélisation.

Ces deux outils ne sont pas indépendants l'un de l'autre, ils reposent sur des principes méthodologiques complémentaires. Ensemble, ils permettent une articulation entre l'analyse et la conception à partir d'un déploiement de la dynamique à tous les étages de leur déroulement grâce aux notions de relation, de processus et d'expérience. Nous les hybriderons de la façon suivante :

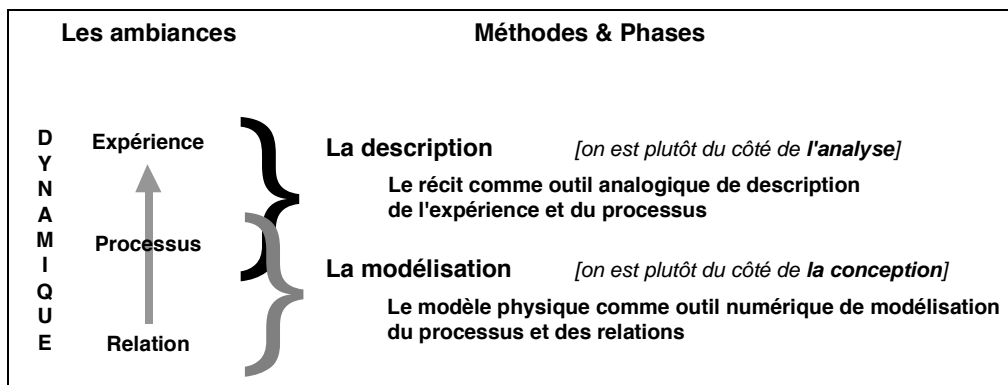


Figure 2 : Le récit et le modèle physique comme outils pour aborder les ambiances

Pour un premier temps, ce schéma méthodologique reste relativement "simple". Il sera enrichi, dans un second temps, par une boucle méthodologique dans la partie 7. Mais il est important de noter que la définition des relations implique plutôt une activité de conception par la construction d'un modèle. Alors que l'expérience implique plutôt une activité d'analyse par l'expression d'une description. L'hybridation des deux méthodes se fait au niveau de la notion de processus. En effet, toute description d'une expérience vécue est basée sur une construction dynamique, i.e. un processus. Et toute modélisation d'éléments en relation entre eux implique une activité de restitution du modèle, restitution qui peut se faire sous la forme d'une construction dynamique, i.e. d'un processus.

4.1. Le récit comme outil analogique de restitution des deux derniers étages

Si les ambiances sont un rapport entre soi et le monde, autrement dit une relation au monde, on peut se demander comment ce rapport peut être connu et communicable ? Si les ambiances s'éprouvent par l'expérience sensible et en s'appuyant aussi sur la définition que donne le psychiatre et philosophe Eugène Minkowski, il semble alors que les ambiances seraient uniquement descriptibles. Mikhaïl Iampolski⁶⁸ nous dit

⁶⁸ Mikhaïl Iampolski, "La cinéphilie comme esthétique - Notes de lecture sur *L'Exercice a été profitable, Monsieur*", in *Traffic*, "Serge Daney - après, avec", n°37, Éditions P.O.L., printemps 2001, p. 94.

que pour Minkowski, la réalité comme expression de l'objectivité permanente du monde extérieur, se construit sur "des objets solides et immuables qui font le support de ce monde"⁶⁹. À la différence de la réalité, "[l']ambiance enveloppe et pénètre, elle "touche" de très près. L'objectif et le subjectif ne se séparent plus nettement, l'extérieur et l'intérieur non plus. Elle ne comporte point de perception de distance, du fait même qu'elle "touche" de près. Le terme "contact" en témoigne de son côté. Elle relève du vécu et du dynamique. Elle environne, "ambiance", embrasse et le cas échéant héberge ou heurte ; elle ne connaît point ce qui se situe devant, derrière ou à côté"⁷⁰.

L'ambiance "relève du vécu et du dynamique", c'est-à-dire dans le vocabulaire que nous avons défini de l'expérience et du processus.

Rapport au monde devenant, pour être partagé, compte-rendu d'expériences vécu, les ambiances se racontent. Si c'est le cas, alors les ambiances ne sont pas quantifiables, elles ne sont qu'exprimables.

À cette fin, l'expression des ambiances peut s'effectuer par de nombreuses modalités. En fait, les ambiances peuvent être communiquées par toutes les formes d'expressions possibles et imaginables qui permettent de dire le vécu : l'écriture, la parole, la musique, le dessin, l'expression corporelle, la photographie, le cinéma, etc. Ce principe permet, par exemple, de considérer le dessin rendant compte d'une expérience sensible tout autant que l'observation des conduites *in situ* comme à la fois des modalités d'expressions des ambiances, et comme des modalités où s'expriment les ambiances⁷¹.

⁶⁹ Eugène Minkowski, *Traité de psychopathologie*, Institut Synthélabo, 1999, p. 119 [1^{ère} édition 1966]. Il a développé aussi une très intéressante cosmologie de l'"être-au-monde" qui s'appuie sur tous les sens qu'il convoque l'un après l'autre. Minkowski Eugène (1999). *Vers une cosmologie*, Éd. Petite Bibliothèque Payot, [1^{ère} édition 1936].

⁷⁰ Ibid., p. 120. Il reste à tester sérieusement la compatibilité de cette définition avec la notion d'ambiance telle qu'elle se dessine au Cresson et dans ce travail. Nous ne faisons ici que montrer ce rapprochement apparemment heureux.

⁷¹ "Pour ma part, j'en suis venu à considérer que l'appréhension d'un fait psychique est inséparable de l'Agencement d'énonciation qui lui fait prendre corps, comme fait et comme processus expressif. Une sorte de relation d'incertitude s'établit entre la saisie de l'objet et la saisie du sujet, qui impose, pour les

Un des moyens, usuel dans notre culture, de description du vécu est le langage parlé. Le récit apparaît alors dans ce cadre comme un des outils possibles de description des ambiances. Mais dire que les ambiances se récitent ne va pas jusqu'à dire que les ambiances sont des récits.

Dans cette optique, la notion d'ambiance est une manière de nommer l'espace-temps vécu. Les ambiances, par des moyens d'expressions, se relatent.

Réciter, c'est dire à haute voix, c'est raconter, relater. Le récit est une forme d'expression qui se déroule dans le temps. Il permet de dire ce qui bouge, ce qui évolue. Contrairement à la description, qui elle, serait plutôt une forme d'expression qui se déroule dans l'espace, qui permet de dire ce qu'il y a, ce qui est là. Du coup, le récit, qui peut se faire au fil de l'expérience, paraît particulièrement bien adapté à la description de tous phénomènes dynamiques et de toutes expériences engageant des dynamiques importantes. Ce sera le cas avec les deux études qui seront développées dans ce travail. Elles engagent le cheminement et s'intéressent à l'espace sonore et à l'image animée.

4.2. Le modèle physique comme outil numérique de modélisation des deux premiers étages

Si les ambiances sont une relation au monde, que cette relation se vit et se relate comme un compte-rendu d'expérience sensible, alors **les ambiances ne peuvent être ni modélisables ni quantifiables. Par contre les phénomènes et les processus qui participent aux ambiances, eux, peuvent a priori être modélisables et quantifiables.** Modéliser les phénomènes sensibles, ce n'est pas dans notre démarche, discrétiser l'expérience. L'expérience n'est pas *discrétisable*. Elle s'éprouve. Elle est un vécu. **Modéliser, c'est discrétiser les éléments nécessaires et**

articuler, qu'on ne puisse faire l'économie d'un détour pseudo-narratif, par le biais de mythes de référence, de rituels de toute nature, de descriptions à prétention scientifique, qui tous auront pour finalité de cadrer une mise en scène dis-positionnelle, une mise en existence, autorisant, en "second" lieu, une intelligibilité discursive." in Guattari Félix (1989). *Les trois écologies*, Paris : Éd. Galilée, p. 26.

suffisants qui, mis en relations entre eux et parfois avec nous, génèrent un processus accessible à nos sens. C'est alors qu'il peut y avoir expérience sensible.

Pour Claude Cadoz, la "modélisation est un moyen de passer du phénomène réalisé, perçu ou mesuré, à une entité plus fondamentale, plus unifiée, plus universelle : sa cause, son origine, sa raison profonde"⁷².

Modéliser des phénomènes sensibles dans cette optique, c'est alors trouver un système de modélisation numérique qui soit compatible avec les éléments de théorie des ambiances proposés précédemment.

Il faut qu'il soit :

- générateur de dynamiques,
- multisensoriel et interactif,
- compatible avec les notions d'expérience, de processus et de relation,
- et que son usage puisse être commun à l'analyse et à la conception

Cette liste est quasiment une présentation de la conception du **modèle physique développée à l'Acroe**⁷³.

Le modèle physique créé et développé par l'Acroe est un modèle qui vise à l'émergence de phénomènes sensibles (sonores, visuels, tactiles et, par là même, multisensoriel). Il est dit physique parce qu'il utilise les règles et les descripteurs de la physique. Il est par nature **dynamique** et **relationnel**.

Pour les ambiances architecturales et urbaines, le modèle physique de l'Acroe est un modèle numérique qui pourrait permettre d'aborder la conception autant que l'analyse de phénomènes sensibles.

⁷² Cadoz Claude (1994). *Les réalités virtuelles*, Paris : Éd. Flammarion, p. 96.

⁷³ Association pour la Création et la Recherche sur les Outils d'Expression - dépendant du Ministère de la Culture et de la Communication, située à Grenoble dans le site de l'INPG.

Le modèle physique sera positionné par rapport à d'autres modèles numériques puis présenté plus amplement dans la partie 6 de ce chapitre, juste après la présentation de la notion d'ambiance.

5. La notion d'ambiance - un champ d'interrogation

5.1. Apparition de la notion d'ambiance dans les milieux de l'architecture et de l'urbanisme

"**Ambiance** : n. f. - 1885 ; de *ambient*. Atmosphère matérielle ou morale qui environne une personne, une réunion de personne. Voir *climat, milieu*"⁷⁴.

Contrairement à ce que l'on croit souvent, le terme "ambiance" est utilisé depuis plusieurs années dans le domaine architectural et urbain pour désigner une certaine qualité des lieux. Sans remonter plus en amont, on trouve déjà une définition quasi-matérialiste, dans un numéro spécial de *Science et Vie* sur l'habitat, en mars 1951.

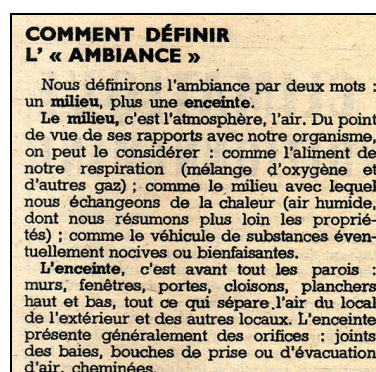
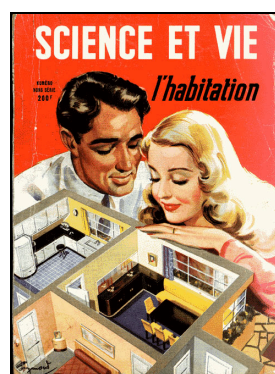


Figure 3 : Science et vie - Numéro spécial "l'habitation" - mars 1951

⁷⁴ Définition issue du *Nouveau Petit Robert* (1996). Op. Cit., p. 67.

L'usage du terme "ambiance" dans la définition donnée précédemment renvoie uniquement au sens d'"atmosphère matérielle". Il s'agit de caractériser l'interaction entre le cadre bâti (l'enceinte) et les données sensibles d'un lieu (le milieu : l'air, avec ses propriétés pour la lumière, la vue, les flux, la chaleur, les sons, etc). Ce croisement amène plus à une caractérisation quantitative (par des valeurs physiques) qu'à une caractérisation qualitative (par l'expression du ressenti). Dans la continuité de cette acceptation, depuis plus de trente ans, on trouve dans les programmes des écoles d'architectures des cours intitulés "Maîtrise des ambiances"⁷⁵. Cet enseignement ne s'arrête plus uniquement aux valeurs quantitatives. Il aide à comprendre les rapports entre les données physiques d'un espace sensible et les ressentis physiologiques des personnes qui s'y trouvent. En général, les enseignements isolent les modalités sensorielles. On trouve alors enseignés séparément des cours de maîtrise des ambiances lumineuses, des ambiances sonores, des ambiances thermiques. Cette séparation des modalités sensorielles s'avère souvent nécessaire pour une bonne compréhension et un début de maîtrise des facteurs physiques autant dans leurs particularités physiques que dans les fonctions, voire les usages qui s'y rattachent. Une seconde distinction se fait à l'intérieur de chacun de ces cours ; on retrouve une maîtrise des ambiances intérieures (architecturales) et une maîtrise des ambiances extérieures (urbaines).

Mais l'ambiance vécue est sans doute beaucoup plus que cette somme des parties. Il n'est que voir l'usage banalisé qu'on fait de ce mot comme le montrent les expressions du type "Il y a de l'ambiance", "Je ne suis pas dans l'ambiance" : le terme "ambiance" recouvre non plus uniquement "l'atmosphère matérielle", mais plutôt cette fois-ci "l'atmosphère morale". Dans le langage courant, cette double signification s'avère pratique pour désigner une certaine qualité qui relève tout à la fois des caractéristiques physiques que des aspects sociaux d'un lieu. Les ambiances,

⁷⁵ On peut avoir un bon aperçu de l'état des lieux de l'enseignement des ambiances dans les Écoles d'Architecture avec les actes des rencontres pédagogiques qui ont eu lieu en 1993 : *Enseignement de l'architecture et maîtrise des ambiances - Son - Lumière - Chaleur*, Paris, Ministère de l'Équipement : Éd. Cm3e, 2 tomes.

Relancé en 2000, un réseau "ambiances" soutenu par la Direction de l'Architecture regroupe les différentes structures et enseignants qui travaillent explicitement sur les ambiances dans les écoles d'architectures en France, mais aussi à Liège.

sont perçues, ou plus exactement sont vécues comme un tout cohérent. Elles permettent de nommer la relation qui unifie "atmosphère matérielle" et "atmosphère morale". En ce sens **le terme d'ambiance apparaît déjà comme une notion interdisciplinaire**⁷⁶.

5.2. Étymologie et connotations

Étymologiquement le terme "ambiance" est dérivé de "ambient", du latin *ambiens*, participe présent du verbe *ambire* "entourer, aller autour"⁷⁷. Une recherche, à partir de plusieurs - sept - dictionnaires francophones des synonymes et des analogies sémantiques possibles, permet de se rendre compte de l'importance de certains termes : **atmosphère** (6 occurrences), **milieu** (5), **environnement** (3), **entourage** (2), **climat** (2). Cette rapide recherche, effectuée grâce à un modèle numérique mis en ligne par l'Institut des Sciences Cognitives⁷⁸ de Lyon I, permet à partir de ces résultats de tracer le réseau des relations sémantiques du mot "ambiance"⁷⁹.

⁷⁶ Pour une vision tout autant historique que prospective de la notion d'ambiance, on peut se référer aux deux articles majeurs de Jean-François Augoyard, sur lesquels la rédaction de ce passage (4.1.) s'appuie en partie : (1995). "L'environnement sensible et les ambiances architecturales", in *L'espace géographique*, n°4, pp. 302-318 et (1998). "Éléments pour une théorie des ambiances architecturales et urbaines", in *Cahiers de la recherche architecturales et urbaines*, Marseille : Éd. Parenthèses, n° 42-43 "Ambiances architecturales et urbaines", 3^{ème} trimestre, pp. 13-23.

Un article synthétique de Jean-Jacques Delétré reprend les éléments de définition des ambiances en insistant sur la dimension pluridisciplinaire des approches : (2001). "Defining an architectural or urban sound environment : the experience of pluridisciplinary approach", La Haye, Pays-Bas : *Actes du colloque Inter.noise 2001*.

⁷⁷ *Le Robert - Dictionnaire de la langue française* (1985). Paris : Éd. Dictionnaires le Robert, p. 296, tome 1, et le *Dictionnaire étymologique de la langue française* (1975). Paris : Éd. Des Presses Universitaires de France, sous la direction de O. Bloch et de W. von Wartburg, p. 22.

⁷⁸ Pour plus d'informations ou pour refaire la manipulation : www.isc.cnrs.fr

Le dictionnaire a été développé et mis au point à l'Institut des Sciences Cognitives, unité CNRS – Université Lyon I n° UMR 5015 et au laboratoire Étude Linguistique de la Signification à travers l'Ambiguïté et la Paraphrase (ESALP) de Caen, maintenant dénommé Centre de Recherche Inter-langues sur la Signification du COntexte (CRISCO).

⁷⁹ Jean-François Augoyard a réalisé manuellement ce type de croisements, mais en prenant en plus la signification du terme ambiance dans d'autres langues. Les résultats concordent suffisamment pour l'usage qui nous intéresse, à savoir, connoter la dimension interdisciplinaire et contextuelle du terme.

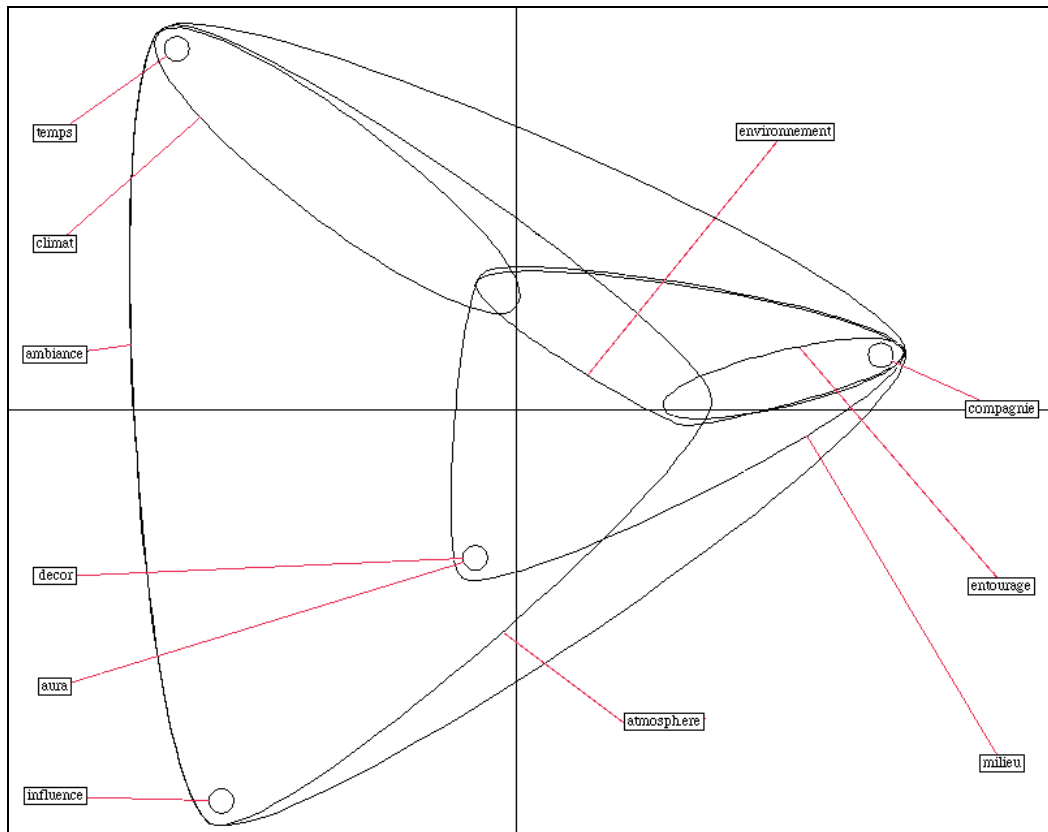


Figure 4 : Représentation géométrique du réseau des valeurs sémantiques du mot "ambiance"

Tous ces termes renvoient bien à des caractéristiques du monde *qui nous entoure*. Ces caractéristiques appartiennent autant au monde "physique" (atmosphère, environnement, décor...) qu'au monde "social" (atmosphère, milieu, entourage...).

À ce premier niveau de définition linguistique, il apparaît déjà que pour étudier les ambiances, il est nécessaire d'avoir une approche qui soit **pluridisciplinaire** (croisement du physique et du social) et ancrée à *l'in situ* (ce qui nous entoure).

5.3. De la nuisance au confort, puis du confort aux ambiances

C'est en partie sur cette double nécessité que le laboratoire de recherche Cresson s'est créé. Fondé en 1979 par Jean-François Augoyard et Jean-Jacques Delétré, le Cresson, autour de l'étude des espaces sonores, fédère des chercheurs de disciplines

différentes (acousticiens, physiciens, architectes, philosophes, sociologues, urbanistes, géographes, preneurs de son, musiciens, etc.). À partir d'approches pluridisciplinaires et *in situ*, le Cresson a contribué à montrer la nécessité de passer de la notion de **nuisance**, à celle de **confort** puis à celle d'**ambiance** pour étudier les phénomènes sensibles dans l'espace construit⁸⁰. Cette évolution a été visible dans les intitulés et dans la rédaction des programmes et des appels d'offres français de recherches (Plan Construction Architecture, Ministère de l'environnement...). On peut faire l'hypothèse que la mise en exergue des notions de qualité sonore et d'environnement sonore au Cresson a fortement contribué à l'évolution des représentations au sein des ministères tout particulièrement pour la dimension sonore. Le comité "Bruit et Vibrations" est devenu "Bruit Environnement Société", "les Assises nationales du bruit" s'appellent maintenant "les Assises nationales de la qualité de l'environnement sonore", etc.

Les années 70 ont vu le rôle prépondérant des ingénieurs, des techniciens, des médecins pour travailler à la lutte contre les nuisances. Puis dans les années, disons 85 à 95, il y a eu l'émergence de la notion de confort comme nouveau paradigme. Cette évolution est en partie le fait des travaux des historiens (travaux sur les modes d'habiter⁸¹, les techniques domestiques, etc.) et des chercheurs en sciences sociales. Plus récemment, les travaux sur les nouvelles technologies continuent de penser le confort (commande à distance, nouvelles technologies de l'information et de la communication, domotique, etc.).

Après avoir commencé par l'environnement sonore, aujourd'hui le champ des phénomènes sensibles étudiés au Cresson comprend le lumineux, le visuel, l'olfactif et tout ce qui concerne la dimension tactile et proprioceptive⁸². Cette diversité a été

⁸⁰ Sur l'émergence de la notion d'ambiance permettant de dépasser la problématique de la nuisance puis celle du confort, on peut se référer à Augoyard Jean-François (1995). "L'environnement sensible et les ambiances architecturales", Op. Cit.

⁸¹ Voir à ce sujet tout particulièrement Goubert Jean-Pierre (1988). *Du luxe au confort*, Paris : Éd. Belin.

⁸² Parmi les tout derniers travaux du Cresson sur les modalités sensorielles, on peut se référer à deux thèses de doctorat (École Polytechnique de l'Université de Nantes) : Balez Suzel (2001). *Ambiances olfactives et espace construit* & Couic Marie-Christine (2000). *La dimension intersensorielle dans la pratique de l'espace urbain*.

possible grâce à la création en 1992 d'un D.E.A. et d'une école doctorale "Ambiances architecturales et urbaines" puis d'une Unité Mixte de Recherche CNRS du même nom, le tout en collaboration étroite avec le Cerma [Centre de Recherches Méthodologiques d'Architecture]⁸³ qui travaille principalement - mais non exclusivement - sur la dimension thermique, les flux aérauliques, l'ensoleillement.

Aujourd'hui, on peut présenter la notion d'ambiance comme étant a minima la résultante interdisciplinaire de formes construites et physiques, de formes perçues et de formes représentées. On peut en donner une représentation très simplifiée de la façon suivante :

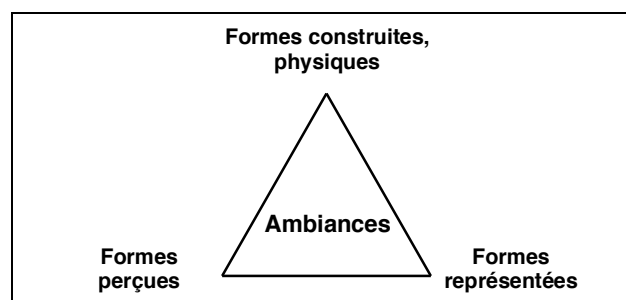


Figure 5 : Schéma simplifié de la notion d'ambiance

Pour élaborer un peu plus précisément cette notion qui devient fédératrice d'un ensemble de travaux, Jean-François Augoyard propose des éléments de définition formelle⁸⁴ :

⁸³ Le laboratoire Cerma est implanté à l'École d'Architecture de Nantes. Son travail sur les dimensions sensibles de l'espace s'appuie principalement sur le développement de nombreux outils de modélisation numérique.

⁸⁴ Augoyard Jean-François (1998). "Éléments pour une théorie des ambiances architecturales et urbaines", Op. Cit. p. 18. Le tableau reprend les éléments issus du texte original en y rajoutant les disciplines concernées.

Un ensemble de phénomènes localisés peut exister comme ambiance lorsqu'il répond à quatre conditions :	
Physique	Les signaux physiques de la situation sont repérables et décomposables
Psycho-sociologie	Ces signaux interagissent avec : - la perception et l'action des sujets ; - les représentations sociales et culturelles.
Architecture	Ces phénomènes composent une organisation spatiale construite (construction architectonique et/ou construction perceptive).
Interdisciplinarité	Le complexe [signaux / percepts / représentations] est exprimable (possibilité d'accéder à la représentation experte et/ou usagère).

Figure 6 : Éléments de définition des ambiances [J.-F. Augoyard]

À l'appui de ce rapide bilan sur la notion d'ambiance, il semble bon de faire un état des lieux des travaux qui s'y réfèrent.

5.4. Situation et mouvances actuelles de la notion d'ambiance

La notion d'ambiance est donc depuis quelques années une notion émergente. On la retrouve dans suffisamment de travaux qui traitent de l'espace sensible pour qu'il soit possible d'en dégager un premier recensement et un premier bilan⁸⁵. Dans ce dessein, des prérogatives pour savoir ce qui relève bien de la notion d'ambiance ont dû être posées initialement.

⁸⁵ Cette partie correspond à un travail réalisé en 1998. P. Amphoux a été chargé d'une mission exploratoire confiée par le Secrétariat Permanent au Plan Construction et Architecture du Ministère de l'Équipement et du Logement. Dénommée initialement "Ambiance et outils conceptuels pour l'architecture, état des lieux et problématiques de recherche", elle a fait l'objet d'une publication : Amphoux Pascal et alii (1998). *La notion d'ambiance. Une mutation de la pensée urbaine et de la pratique architecturale*, Paris : Éd. Plan Urbanisme Construction Architecture. La partie problématique de cette recherche a été réalisée en collaboration avec Anne Sauvageot, Jean-Paul Thibaud, Jean-Yves Petiteau et Élisabeth Pasquier, Marie Degy et Robert Prost. La seconde partie présentée ici correspondant à l'enquête bibliographique (Op. Cit. pp. 113-167). Je l'ai réalisé avec la collaboration de Chantal Blanc-Keller (documentaliste à l'IREC) et sous la direction de Pascal Amphoux. On ne présentera ici principalement que la méthode et les conclusions de cette enquête. Pour l'ensemble des références bibliographiques et les fiches détaillées de chacun des laboratoires présentés et de chacune des recherches étudiées on peut se reporter à l'ouvrage.

- "La notion d'ambiance engage *un rapport sensible au monde* - que l'on privilégie un canal sensoriel particulier ou non.
- La notion d'ambiance est fondamentalement *transversale et interdisciplinaire* ; son enjeu est de renouer avec une prise en compte simultanée des données techniques, sociales et esthétiques (hybridation) et d'échapper, par exemple, aux dichotomies de la forme et de la fonction, du penser et de l'agir, du programme et du projet⁸⁶.

Pour établir cet état des lieux de la recherche sur les nouveaux outils d'analyse, de représentation ou de modélisation des ambiances qui sont potentiellement porteurs de transformations dans les modalités de conception architecturale ou dans la pratique du projet, nous avons procédé en deux temps. La première approche a consisté à établir une liste de références en demandant les leurs aux intervenants des différents séminaires qui avaient été organisés dans le cadre de cette mission. La seconde a consisté à repérer et à contacter directement les laboratoires (et autres structures) qui travaillent explicitement, par quelques-uns ou par l'intégralité de leurs travaux, dans le champ des ambiances architecturales et urbaines. Nous présenterons principalement ici la méthode et les résultats de cette seconde partie.

5.4.1. Enquête prospective auprès de structures institutionnalisées

Cette partie de l'enquête bibliographique a donc consisté à faire appel aux laboratoires et aux "structures" qui sont actuellement reconnus sur ce champ et pour lesquels **la notion d'ambiance est explicitement intégrée dans les problématiques de recherche**, permettant un état des lieux synthétique et bibliographique de la recherche française actuelle sur ce domaine.

Pour définir cette liste de laboratoires, nous sommes partis principalement du fichier du Bureau de la Recherche Architecturale. Ensuite nous avons complété avec des structures ou agences qui travaillent directement dans le domaine des ambiances,

⁸⁶ Amphoux Pascal et alii (1998). *La notion d'ambiance. Une mutation de la pensée urbaine et de la pratique architecturale*, Op. Cit., p. 9.

comme le CSTB par exemple. Cette liste a été soumise à différents chercheurs pour éviter au maximum les oublis : par ordre alphabétique,

-	ARIA - École d'architecture de Lyon	Vaulx-en-Velin
-	CERMA École d'architecture de Nantes	Nantes
-	CRAI - École d'architecture de Nancy	Nancy
-	CRESSON - École d'architecture de Grenoble	Grenoble
-	CSTB	Sophia Antipolis
-	Delage & Delage	Paris
-	Diasonic - Espaces nouveaux	Paris
-	ERIAC - École d'Architecture et de Paysage de Bordeaux	Talence
-	GRECO - École d'architecture de Toulouse	Toulouse
-	Laboratoire des sciences de l'habitat - ENTPE	Vaulx-en-Velin

Il leur a été demandé de "faire parvenir un document récent (de type rapport d'activités) synthétisant [leurs] problématiques de recherche et les références bibliographiques principales qui s'y rattachent"

5.4.2. Sélection et organisation

L'enquête a donné lieu à des réponses à peu près homogènes et comparables. Devant l'énorme masse d'informations que constituent ne serait-ce que l'ensemble des rapports d'activités de ces laboratoires, il a paru intéressant de mettre en exergue pour chacun d'entre eux, une ou deux recherches caractéristiques.

Ce choix, délicat et parfois non exempt d'un certain arbitraire, a été établi en fonction de trois critères principaux :

- la représentativité de la recherche par rapport aux grandes orientations du laboratoire dans lequel elle a été produite ;
- la possibilité de la mettre en perspective par rapport à notre problématique et en particulier par rapport aux deux traits de pertinence que nous avons retenu (rapport sensible et interdisciplinarité) ;

- leur caractère récent (mais les travaux antérieurs à 1990 sont rares de toutes façons).

À partir de là, un principe d'analyse comparative a été adopté. Il a consisté à positionner chaque recherche par rapport à deux axes de réflexion majeurs :

- le passage de l'analyse au projet ;
- le passage des outils techniques aux outils d'approche et d'interprétation du rapport sensible.

D'où la grille suivante, qui sous sa forme iconique, permet de symboliser l'enjeu de chacune des recherches.

	Technique	Articulation	Sensible
Analyse	X X X		
Articulation			
Projet			

Figure 7 : Grille de positionnement des enjeux

Un tel schéma offre l'avantage de donner une représentation dynamique de la recherche et de son orientation plutôt qu'une position uniquement statique dans un champ particulier du savoir. Symboliquement, la croix marque l'ancrage initial dominant de la recherche, la flèche indique l'orientation au moins tendancielle de la problématique et des résultats obtenus. Une fiche en annexe [1] présente de façon récapitulative les 14 tableaux résultant des recherches sélectionnées.

5.4.3. Mouvances - 4 pentes évolutives de la recherche française

L'analyse des résultats obtenus par les deux approches a permis, de mettre en exergue quatre tendances qui nous paraissent révéler l'évolution actuelle de la recherche française sur les ambiances.

a. La tendance à l'éclatement des références disciplinaires

L'inventaire de références singulières mais aussi la diversité des thèmes de recherche abordés par chaque laboratoire révèlent tout d'abord une tendance à la spécialisation des savoirs. Cette spécialisation, du côté des sciences techniques comme du côté des sciences humaines, tend à produire un éclatement des références entre des disciplines qui ne parviennent plus à se nourrir mutuellement. Un tel mouvement est évidemment dommageable par rapport aux enjeux interdisciplinaires dont la notion d'ambiance doit être et rester porteuse. Autrement, elle risque de n'être qu'un mot alibi, dont la seule fonction serait de couvrir et de cautionner une forme *d'hyper-technicisation* des savoirs, dont les applications deviendraient alors de plus en plus incertaines.

b. L'évacuation du social au profit d'un rapprochement entre le technique et le sensible

Aucun laboratoire, parmi ceux qui ont été sélectionnés, n'ancre son approche dans les sciences sociales. Les positionnements des recherches sélectionnées dans les tableaux iconiques n'ont jamais vraiment introduit les sciences sociales dans leur réflexion ; ni par l'ancrage initial, ni dans les orientations envisagées. Ce second constat est révélateur d'au moins deux choses :

- la rupture disciplinaire entre les sciences sociales et les autres disciplines reste importante ; cette rupture est d'autant plus visible que l'on voit apparaître de plus en plus d'études qui tendent à rapprocher ou à croiser les disciplines physiques, comme celles qui traitent de l'espace et les champs de l'esthétique, de la perception et du sensible. Le rapprochement entre le technique et le sensible se ferait donc au prix d'une forme d'évacuation du social;
- mais ce très faible positionnement des sciences sociales dans les travaux des laboratoires travaillant spécifiquement sur les ambiances n'est sans doute pas le signe d'une absence totale du thème des ambiances dans les travaux des équipes de recherche en sciences sociales.

Pour preuve - et à titre d'exemple unique - on peut citer les recherches de Jean Rémy et de Liliane Voyé de l'Université Catholique de Louvain-la-Neuve en Belgique⁸⁷. Dès les années 70, ils mettaient en place comme une application de la sociologie urbaine, ce qu'ils appellent des "Scénarios de vie sociale". En ayant directement et explicitement recours à la notion d'ambiance, ces scénarios prenaient place à l'interface entre analyse et projet, et visaient une articulation entre approches quantitative et qualitative.

Mais le repérage de tels travaux nécessiterait une recherche bibliographique en soi, plus difficile à mener à bien dans la mesure où aucun des laboratoires de recherche potentiellement concernés n'affiche ou ne revendique explicitement l'usage de la notion d'ambiance. Un tel recensement, qui devrait par exemple viser toutes les équipes travaillant sur la ville, le territoire et l'environnement, reste donc à faire.

c. La nécessaire ascension de concepts transdisciplinaires

L'analyse de l'évolution des travaux des laboratoires précités au cours des dix ou quinze dernières années révèle, par ailleurs, un double déplacement :

- un déplacement conceptuel, qui tend à faire passer de la notion de gêne à celle de confort puis plus récemment à la notion d'ambiance;
- un glissement méthodologique, qui tend à faire passer des études monodisciplinaires d'origine à des méthodes d'analyse interdisciplinaires et plus récemment à l'invention et la formalisation de concepts transdisciplinaires.

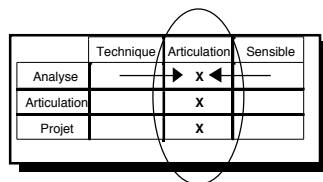


Figure 8 : l'ascension de concepts transdisciplinaires

⁸⁷ Remy Jean, Voyé Liliane (1974). "Scénarios de vie urbaine", *dossier A+*, n° 12.

Une telle évolution du sens de la recherche, encore discrète, semble pourtant devoir prendre le pas sur les démarches monodisciplinaires et fait de la notion d'ambiance un outil de lutte contre la tendance à l'hyperspécialisation relevée plus haut.

d. L'impossible interaction entre l'analyse et le projet

Enfin, si parmi les travaux sélectionnés, l'articulation entre les domaines techniques et les approches sensibles apparaît dans les recherches récentes, il en n'est pas de même de l'articulation analyse-projet. Ce passage reste majoritairement ancré dans le domaine technique (solutions techniques *performancielles*, simulations numériques...). Dans un sens les travaux révèlent la difficulté à passer de l'analyse au projet en tenant compte de la dimension sensible inhérente aux ambiances, dans l'autre sens l'ignorance quasi systématique des possibilités d'apport ou de retour du projet sur l'analyse de façon interdisciplinaire.

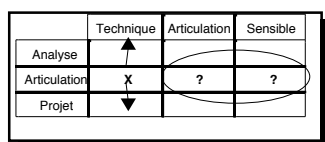


Figure 9 : La difficile interaction entre l'analyse et le projet

Ce dernier point constitue alors un enjeu majeur pour l'avenir de la recherche fondamentale et appliquée sur les ambiances.

5.4.4. Bilan et perspectives

Prétendre avoir établi un état des lieux exhaustif sur les ambiances serait fallacieux. Dans son éclatement, le champ est infini, non *délimitable* et par nature incomplet. Dans sa nouveauté, il est évolutif, insaisissable et par principe mouvant. D'où l'intérêt de nommer des mouvements plus que des états de la recherche.

Des quatre mouvements évolutifs de la recherche française actuelle, on plaidera donc moins pour qu'ils soient utilisés comme un instrument de classement, de catégorisation, voire de discrimination des travaux portant sur les ambiances, que comme un outil de positionnement et de définition des enjeux de la recherche à venir.

Les enjeux d'une évolution de la notion d'ambiance pourraient alors être ceux :

- de la convergence de savoirs étrangers entre eux
- de la réintroduction des sciences sociales dans la pratique architecturale après le "retour du sensible" dans la performance technique,
- du renouvellement de la théorie architecturale autour de concepts transdisciplinaires opératoires et la recherche de modalités nouvelles d'interactions entre l'analyse et le projet.

La situation de la notion d'ambiance dessinée par cet état des lieux en fait plutôt actuellement **une notion heuristique**⁸⁸.

Ces enjeux recourent bien ceux de notre problématique par l'introduction de la dynamique comme notion à la fois transdisciplinaire et commune à l'analyse et au projet.

5.5. Apparition de la dynamique dans les disciplines les plus diverses

Qu'en est-il d'ores et déjà de cette évolution vers la dynamique dans les disciplines convoquées par la notion d'ambiance ?

Il est, bien entendu, impossible dans le cadre de ce travail d'effectuer un état des lieux de cette évolution. En revanche, il est possible de donner quelques pistes qui sont des tendances actuelles, comme des bornes, qui semblent suffisamment significatives et pertinentes pour évoquer cette mutation en cours.

⁸⁸ Une notion heuristique au sens où pour l'instant elle trouve son maximum de pertinence dans la découverte et la description des faits, peu encore dans leur conception.

Les sciences physiques ont depuis, disons les années 60, vu le développement de nombreux modèles morphodynamiques. L'émergence de théories visant à décrire ou à générer des phénomènes a été rendue possible par la mise au point de systèmes dynamiques. Ces théories s'appuient sur des outils mathématiques précis et sur la puissance de calcul des outils informatiques. C'est ce qu'Alain Boutot appelle "une révolution morphologique"⁸⁹. Cette *révolution* correspond au développement de la théorie des catastrophes par René Thom, des structures dissipatives par Ilya Prigogine, des fractales par Benoît Mandelbrot, ainsi que des nombreux systèmes dynamiques (d'auto-organisation ou non). Ceux-ci sont souvent dénommés de façon grossière et un peu rapidement sous le terme générique de théories du chaos⁹⁰. L'idée générale pour cette dernière catégorie de modèles est que la complexité de la réalité émerge des interactions d'un nombre d'éléments assez simples. Selon les cas, l'émergence du phénomène peut nécessiter soit la présence de nombreux d'éléments sous-jacents, soit - parfois - la présence de seulement quelques éléments suffisants et bien choisis.

Les sciences sociales et humaines se penchent elles aussi de plus en plus sur la dynamique et les phénomènes d'émergence, cela à deux niveaux. Premièrement, elles s'intéressent aux aspects dynamiques de leur corpus (l'homme, la société, la géographie humaine) comme la dimension temporelle et la dimension de l'action. Ces dimensions deviennent alors des caractéristiques primordiales à analyser. Secondement les sciences humaines et sociales intègrent dans leurs méthodes d'analyse même les notions de dynamique et d'émergence. On peut citer les travaux, sur lesquels on reviendra, de l'École de Palo Alto, ceux de l'éthnométhodologie, les méthodes d'analyse développées au Cresson, l'évolution des sciences cognitives vers des travaux intégrant l'action, etc.

⁸⁹ Boutot Alain (1993). *L'invention des formes*, Op. Cit., p. 17.

⁹⁰ En effet, ces modèles révèlent beaucoup plus des structures, des organisations caractéristiques que des désorganisations totales. La complexité n'est pas forcément du chaos. "La théorie de la complexité se focalise sur la tendance des systèmes complexes à faire apparaître des comportements simples - simple à un *certain* niveau de description, mais pas un niveau des constituants du système. Le noyau philosophique de la théorie de la complexité est le concept *d'émergence*, selon lequel un système peut transcender la nature de ses constituants, de telle façon que le tout soit plus grand que la somme de ses

L'urbanisme n'est pas en dehors de cette mutation, bien au contraire. Il y a déjà quelques années, disons depuis les 1970 environ, que les modèles dynamiques sont utilisés et adaptés pour rendre compte de l'évolution et du fonctionnement des villes. Ces modèles visent à comprendre et à prédire, voire à concevoir, la ville et ses évolutions. Cette tendance est actuellement en plein épanouissement, comme le montre la diversité et la qualité des travaux présentés dans les colloques sur la modélisation de la ville⁹¹. Ces différents modèles⁹² s'appuient maintenant quasiment sur l'ensemble des théories des systèmes dynamiques développées dans les sciences physiques. L'évolution des villes avec la volonté de maîtrise et de prédiction, la gestion du temps quotidien caractérisée par l'apparition de "bureaux du temps", font que l'urbanisme a de plus en plus tendance à mettre la dynamique au cœur même de sa problématique.

L'architecture après s'être surtout intéressée à l'espace tente de s'emparer du temps et des phénomènes de morphogenèse. Cette tendance est actuellement visible dans de très nombreux projets, même s'ils ne sont souvent que des esquisses et des intentions ou s'ils ne restent qu'à l'état de projet. Cette préoccupation du temps n'est pas si récente que cela, mais elle est affichée comme telle depuis peu dans les discours et

parties." In Stewart Ian (1998). *Dieu joue-t-il aux dés ? Les mathématiques du chaos*, Paris : Éd. Flammarion, [1^{ère} édition 1989], p. 548.

⁹¹ Voir les deux Écoles d'été organisées par le Cerma. "Modélisation de la ville", à Garchy en 1997 et à Nantes en 1999. Voir Péneau Jean-Pierre, Pumain Denise (sous la direction de) (2002, à paraître). *Modélisation de la ville 2. Acte du colloque Nantes 1999*, Paris : Éd. Anthropos.

On peut aussi se référer au travail d'inventaire puis d'analyse sur les modèles existants mené par Daniel Siret dans le cadre d'une recherche du Predit avec le projet "Inventur". Voir Siret Daniel (2002, à paraître). "Situation des modélisations de la ville. Analyse d'un échantillon de 64 modèles appliqués au champ urbain". In Péneau Jean-Pierre, Pumain Denise (sous la direction de). *Modélisation de la ville 2. Acte du colloque Nantes 1999*, Op. Cit.

⁹² On peut donner deux références françaises sur ce type de travaux, Denise Pumain (laboratoire P.A.R.I.S. - E.H.GO) pour des modèles d'auto-organisation et Pierre Franckhauser (laboratoire Thema) pour des modèles fractals, ainsi qu'une référence anglaise, avec Bill Hillier pour un modèle proposant une évolution morphologique à partir de principes logiques et géométriques (laboratoire Space Syntax).

Pumain Denise (1998). "Les modèles d'auto-organisation et le changement urbain", in *Cahiers de Géographie du Québec*, Volume 42, n° 117, pp. 349-366.

Franckhauser Pierre (1994). *La fractalité des structures urbaines*, Paris : Éd. Anthropos.

Hillier Bill (1996). *Space is the machine*, Cambridge : Éd. Cambridge University Press.

très petit à petit au niveau des projets. "L'architecture comme donneur de temps" chapitrait Pascal Amphoux en 1981⁹³, "Architecture, espace du temps ?" titrait déjà un colloque en 1987⁹⁴. Dans un entretien avec Jean Petitot en 1990, Christophe Bayle esquisse des apports possibles de la morphogenèse en architecture et en urbanisme. Il en appelle à une *fin du Yalta entre les formes et les forces*⁹⁵. De plus en plus on cherche à établir des passerelles entre discours et projet, analyse et conception, en particulier grâce au recours aux technologies numériques. Il est intéressant à constater que lors d'un des derniers concours European (concours d'architecture européen) Pascal Amphoux, à partir de l'ensemble des projets, peut déjà articuler une analyse globale de la production à partir de concepts morphodynamiques⁹⁶. Des architectes (re)connus revendiquent haut et fort une démarche s'appuyant sur les processus morphodynamiques : UN Studio⁹⁷, Greg Lynn⁹⁸, Peter Eisenman⁹⁹, Bernard Cache¹⁰⁰, etc. La très belle revue catalane *Quadern* titre trois numéros¹⁰¹ d'affilés sur le temps aux titres évocateurs de dynamiques en convoquant plus de 50 projets : Temps ouvert - Temps fractal (spirale), Temps élastique - Temps flexible (Boucles), Temps fugace - Temps précaire (Éclats). Toutes ces démarches ne se valent pas et

⁹³ Amphoux Pascal, Pillet Gonzague, et alii (1981). *Les donneurs de temps*, Albeuve : Éd. Castella.

⁹⁴ La problématique du sensible et du temps est au cœur des travaux d'un groupe de recherche en philosophie de l'architecture basé à Clermont-Ferrand. Leurs travaux s'appuient beaucoup sur la phénoménologie et sur la relation entre l'habiter et l'"être" d'Heidegger. Voir Younes Chris, Queysanne Bruno, Sansot Pierre, et alii (1986). "L'architecture entre nos sens et le sens", in *Vers une architecture appropriée*, Colloque de 1984, École d'Architecture de Clermont-Ferrand, n° 1. & Younes Chris, Queysanne Bruno et alii (1986). "L'architecture espace du temps", in *Vers une architecture appropriée*, Colloque de 1987, École d'Architecture de Clermont-Ferrand, n° 2.

⁹⁵ Bayle Christophe (1990). "La fin du Yalta des formes et de la force", in *Urbanisme & Architecture*, n°239, juillet août, pp. 100-101.

⁹⁶ Amphoux Pascal (1999). "Vers une conception morphogénétique de la mobilité urbaine", in *European 5, résultats européens*, Paris, pp. 42-52.

⁹⁷ Berkel Ben van, Bros Caroline (1999). *Move*, Amsterdam : Éd. UN Studio & Gouse Press.

⁹⁸ Lynn Greg (1999). *Animate form*, New York : Éd. Princeton Architectural Press

⁹⁹ Eisenman Peter (1999). *Diagram Diaries*, Londres : Éd. Thames & Hudson.

¹⁰⁰ Cache Bernard (1997). *Terre meuble*, Orléans : Éd. HXX.

¹⁰¹ (1999-2000) *Quadern*, n° 222 à 224, Barcelone : Éd. Actar.

ne se situent pas au même niveau dans l'usage de la dynamique, mais toutes ont l'ambition plus ou moins grande de vouloir la prendre en compte, et l'affiche.

Pour **l'art**, c'est un peu différent. Même si la dynamique joue un rôle de plus en plus important dans la production artistique, elle a toujours été présente (théâtre, danse, cinéma, performance, etc.). Ce qui est nouveau c'est les bouleversements entraînés par l'apparition des nouvelles technologies numériques : multimédia, interactivité, réseau, etc. Malgré les possibilités nouvelles, la dynamique a quand même mis du temps pour émerger dans l'art numérique¹⁰². Cette évolution des techniques et des outils concrétise ce que la philosophie évoque depuis longtemps. Ce bouleversement a eu pour conséquence, entre d'autres, de re-questionner le rapport des arts entre eux, celui de l'art et de la science et celui de l'art et de la technologie¹⁰³. Comment situer alors l'informatique en rapport à l'art et aux sciences ? Est-ce un outil pour la création ? Un lieu de la création ? Un outil pour le savoir ? Un outil transdisciplinaire¹⁰⁴ ? Etc.

On reviendra en conclusion sur ces questions avec un développement sur *l'esthétique relationnelle* et sur *l'art comme expérience*.

Ce passage entre une pensée de la forme et une pensée de la dynamique semble bien être soit déjà présent, soit suffisamment émergent dans les différentes disciplines nécessaires à l'étude des ambiances¹⁰⁵. Cela se confirmera dans les différents travaux

¹⁰² Annie Luciani analyse le difficile et lent passage de l'image au mouvement, puis du mouvement à l'instrumentation interactive de celui-ci, dans la production numérique. Luciani Annie (1992). "Ordinateur, Images et Mouvements. Apparition de l'instrumentalité dans l'art du mouvement visuel", in *Les Cahiers de l'Ircam*, vol. 2, pp. 175-189.

¹⁰³ Risset Jean-Claude, Cadoz Claude, Luciani Annie, et alii. (1998), *Rapport de mission Art-Science-Technologie*, Ministère de l'éducation nationale, de la recherche et de la technologie.

¹⁰⁴ Norman Sally Jane (1997). *Transdisciplinarité et genèse de nouvelles formes artistiques*, Rapport d'étude à la Délégation aux Arts Plastiques, Ministère de la Culture et de la Communication.

¹⁰⁵ On peut avoir un bel aperçu de cette mutation en question dans un ouvrage collectif qui interroge ce passage entre forme et morphogenèse dans de nombreuses disciplines : Collectif (1994). *Les sciences de la forme aujourd'hui*, Paris : Éd. du Seuil.

et références que l'on convoquera pour les deux études de cas qui sont en fait deux dynamiques.

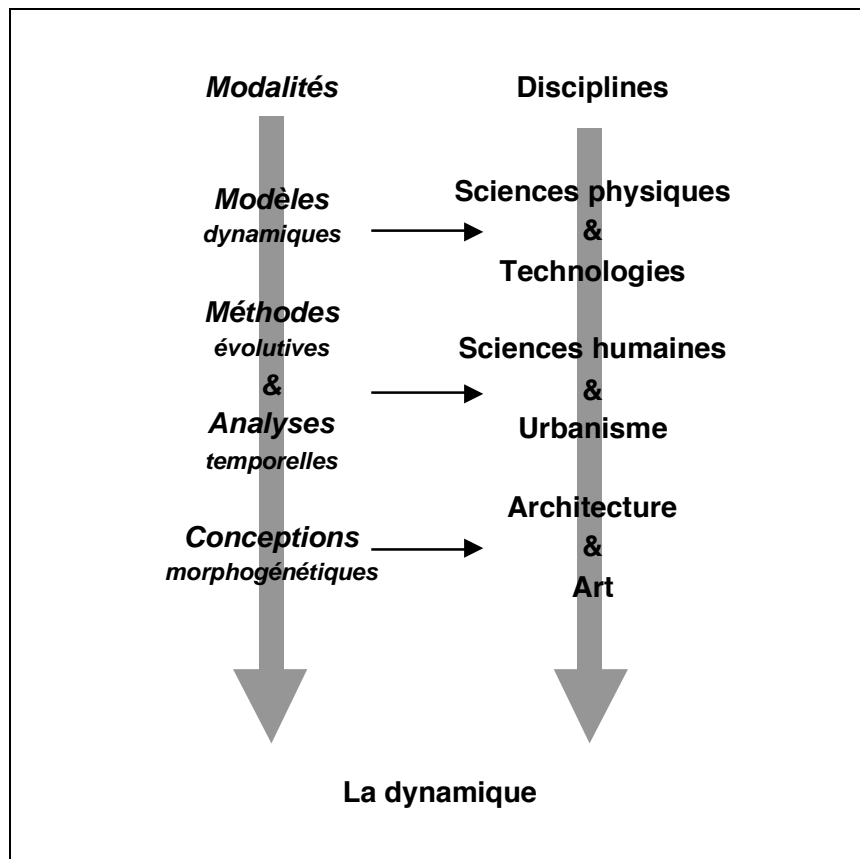


Figure 10 : La dynamique comme notion transversale aux disciplines et commune aux modalités d'action

6. Le modèle physique - un outil de modélisation

6.1. Morphodynamique et modèles numériques

Actuellement, le milieu architectural contemporain a tendance à utiliser des principes et des outils issus de théories mathématiques ou de modèles morphodynamiques pour la conception : fractales, chaos, catastrophes, modèles multi-agents, modèles génétiques, géométries non euclidiennes, etc. Les utilisations en sont multiples. Elles vont de l'usage métaphorique d'une logique dynamique pour alimenter le projet, à la mise en place d'un véritable processus générateur de forme à partir de cette même logique, de la simulation numérique amenant à une prédiction de nature quantitative, à l'expérimentation sensible numérique amenant à une prédiction de nature qualitative.

Face à cette inflation et à cette variété des usages, il est important de revenir à des questions de bases sur ce qu'est un modèle et sur l'action de modéliser¹⁰⁶. On verra, avant de présenter le concept de modélisation de l'Acroe, qu'il n'y a pas qu'un seul type de modèle, mais bien des modèles.

¹⁰⁶ L'ensemble de cette partie ainsi que la suivante sur le modèle physique s'appuie principalement sur les cours donnés chaque année par Annie Luciani "Modèles physiques pour la synthèse d'images et la robotique", DEA Image-Vision-Robotique, Ensimag, Grenoble.

6.1.1. Un modèle numérique ?

Un modèle est, dans l'acceptation la plus courante, "ce qui sert ou doit servir d'objet d'imitation pour faire ou reproduire quelque chose"¹⁰⁷. Complété par l'adjectif *numérique*¹⁰⁸, on indique que le modèle est composé de suites de nombres.

En relisant cette définition très élémentaire, on y voit deux termes qui, selon notre lecture, peuvent sembler à la fois proches et différents. En effet, les termes imiter (imitation) et reproduire sont souvent utilisés l'un pour l'autre. Tous deux cachent en fait deux fonctionnalités différentes : (1) imiter ou reproduire pas "simulation", au sens de "faire comme", "de mimer", et (2) imiter ou reproduire par duplication (au sens de la photocopie, par exemple).

La première fonction correspond en modélisation à ce que l'on peut nommer un modèle "comportemental"¹⁰⁹ et la seconde a un modèle phénoménologique. **Un modèle phénoménologique est un modèle descriptif**, au sens où il s'agit d'un modèle qui s'intéresse à la description du phénomène. Ainsi une "photocopie de visage" ne reproduit que l'apparence du visage, du phénomène. **Un modèle "comportemental" est un modèle générateur**, au sens où il s'agit d'un modèle qui s'intéresse aux causes permettant l'émergence d'un phénomène. Ainsi, un simulateur (au sens propre comme au sens figuré d'une personne qui simule) se doit de connaître la cause productrice du phénomène puisque c'est elle qu'elle simule. Prenons l'exemple simple de la chute d'un élément qu'utilise Annie Luciani pour bien montrer cette différence. Pour un modèle phénoménologique, la chute est modélisée, c'est-à-dire ici décrite, directement par sa trajectoire au cours du temps, celle-ci étant pré-

¹⁰⁷ *Le Robert - Dictionnaire de la langue française* (1985). Op. Cit., p. 1420.

¹⁰⁸ Ici, *numérique* s'oppose à *analogique*. Un modèle analogique, à l'opposé d'un modèle numérique, est constitué par un signal continu. On peut passer de l'un à l'autre grâce à l'aide d'un convertisseur (par exemple, un haut-parleur relié à un ordinateur, nécessite un convertisseur numérique - analogique, inversement, un microphone relié à un enregistreur D.A.T., nécessite un convertisseur analogique - numérique).

¹⁰⁹ Les modèles comportementaux relèvent d'une logique causale au sens où ils définissent des éléments situés en amont au phénomène. Sur la différence entre modèle phénoménologique et modèle causal, voir Cadoz Claude (1990). "Simuler pour connaître / Connaître pour simuler", in *Modèles physiques, création musicale et ordinateur*, actes du colloque organisé par l'Acroë à Grenoble, Paris : Éd. de la Maison des Sciences de l'Homme, Recherche Musique et Danse, pp. 663-708.

connue sous la forme d'une équation du mouvement (en x, y, z, t). Pour un modèle générateur, la chute est modélisée, c'est-à-dire ici produite, par l'application de lois mécaniques (pesanteur, force appliquée, etc.), ces lois se situant en amont du mouvement. Dans cette optique, la cinématique (*Kinema* = Mouvement) est un modèle phénoménologique, la dynamique (dynamo = force), un modèle générateur. Pour Annie Luciani¹¹⁰, ces deux notions séparent deux attitudes fondamentalement différentes dans la représentation du mouvement : dans les modèles phénoménologiques, la cohérence du mouvement est cherchée (et modélisée) dans le mouvement même alors que pour les modèles générateurs, elle est cherchée (et modélisée) dans la cause du mouvement.

Revenons à la définition élémentaire d'un modèle. On y lit aussi qu'un modèle, c'est "ce qui sert" [...] "pour faire quelque chose". Tout d'abord on nous indique que c'est un outil ("ce qui sert") et ensuite que c'est un outil "pour faire quelque chose". Il y a un objectif à atteindre. Le modèle est le moyen pour l'atteindre¹¹¹.

Pour finir et l'épuiser, la définition dit qu'un modèle part d'un objet à imiter (*objet d'imitation*). Cette nécessité de partir d'un objet de référence oblige à bien pointer initialement cet objet. Cette désignation est une activité élémentaire pour penser puis concevoir le modèle. Cette action de pointer l'objet de référence n'est pas aussi facile qu'elle peut le sembler, en particulier dès que l'on s'intéresse à des phénomènes sensibles. Une des catégories possibles pour établir des classes d'objets à modéliser est de considérer leurs degrés de liberté. On aurait alors : les solides rigides, les solides rigides articulés, les objets déformables à topologie fixe, les objets déformables à topologie variable, les phénomènes de changements d'état rapides, les phénomènes de changements d'états lents, les phénomènes à plusieurs dynamiques non réversibles, les phénomènes à plusieurs dynamiques réversibles, etc.

¹¹⁰ Luciani Annie (1992). "Ordinateur, Images et Mouvements. Apparition de l'instrumentalité dans l'art du mouvement visuel", in *Les Cahiers de l'Ircam*, vol. 2, p. 178.

¹¹¹ On a déjà vu à propos de Serge Daney qu'il ne disait pas qu'il écrivait *sur* le cinéma mais *avec* le cinéma. On peut dire la même chose avec un modèle. On écrit avec un modèle pour réaliser une action et pour éprouver une idée.

Annie Luciani résume les points précédemment soulevés sous la forme de trois questions à toujours se poser. Ces questions apparaissent alors comme trois conseils méthodologiques pour toute action de modélisation.

- Modéliser quoi ?
- Modéliser pourquoi ?
- Modéliser comment ?

Puis par enchaînement :

- Qu'est ce qu'un objet pour un modèle ?
- Qu'est ce qu'une tâche pour un modèle ?
- Comment un modèle modélise ?

Cette dernière question - comment un modèle (au sens d'un système de modélisation) modélise ? - n'est pas indépendante des deux précédentes. Elle devrait même puiser sa réponse dans les deux premières. En effet, il n'y a pas qu'une façon de modéliser, il y en a plusieurs. Il n'y a pas qu'un modèle numérique, il y en a plusieurs.

6.1.2. Des modèles numériques !

Il y a plusieurs sortes de modèles numériques. Le mot modèle, selon Annie Luciani, devrait toujours être accompagné d'un qualificatif qui préciserait sa nature, c'est-à-dire sa logique structurelle, son système de calcul. On a alors des modèles géométriques, des modèles logiques, des modèles physiques, etc. Le qualificatif (géométrique, logique, physique, etc.) désigne la nature du modèle et non la nature de l'objet à modéliser. Un modèle physique ne signifie pas forcément que l'on modélise des phénomènes naturels. Un modèle physique signifie un modèle qui utilise les descripteurs et les lois de la physique. Si on prend l'exemple d'un tas de sable en formation, on peut a priori en proposer un modèle géométrique (par des arrangements géométriques, des empilements statiques...), on peut tout autant en proposer un modèle logique (par des logiques d'arrangements, le jeu de la chronologie...), mais aussi en proposer un modèle physique (par l'usage de lois physiques). Ainsi un modèle d'un phénomène de la nature n'est pas nécessairement

"physique", et un modèle "physique" n'est pas nécessairement un modèle d'un phénomène de la nature¹¹² ("*physis*" versus "*natura*")

Typologie des modèles		
Modèle physique	<i>Modèle construit avec les opérateurs de la physique</i>	Variables duales + principe d'action-réaction Ou Énergie + Principe de moindre action
Modèle géométrique	<i>Modèle construit avec les opérateurs de la géométrie</i>	Point, droite, plan + distance, être sur...
Modèle logique	<i>Modèle construit avec les opérateurs de la logique</i>	Si, donc, alors, ou, et...
Modèle arithmétique	<i>Modèle construit avec les opérateurs de l'arithmétique</i>	Nombres, suites +, x ...
Modèle génétique	<i>Modèle construit avec les opérateurs de la génétique</i>	Mot de longueur x Mutation, croisement, duplication...
...

Figure 11 : Typologie ouverte des modèles numériques [Tableau A. Luciani]

Pour modéliser un phénomène, même s'il est parfaitement bien *pointé*, on peut a priori utiliser différents modèles. Mais il peut être plus ou moins pertinent de prendre un modèle plutôt qu'un autre, en fonction à la fois de la nature du phénomène et de l'objectif de la modélisation en regard de la complexité du modèle.

Choisir un modèle ou un autre en fonction du phénomène à modéliser et de l'objectif de cette modélisation est un acte majeur. Pour les mêmes raisons le choix d'un modèle n'est pas dénué de toute idéologie quant à la finalité du projet dans laquelle il s'inscrit et dans laquelle *de facto* il l'inscrit. C'est cette idée en puissance qui est sous-jacente à ce qu'exprime Annie Luciani sur la synthèse d'image : "ainsi, de préférence à une géométrie de l'image, vaut-il mieux chercher une physique du visuel"¹¹³.

¹¹² Ce phénomène peut être d'une autre nature que la nature ("*natura*", psychologique, sociologique, etc.).

¹¹³ Luciani Annie (1992). "Ordinateur, Images et Mouvements. Apparition de l'instrumentalité dans l'art du mouvement visuel", Op. Cit., p. 179.

Jusqu'ici, nous n'avons pas vraiment défini les étapes d'une expérimentation numérique. Ce sera le dernier point avant d'aborder le modèle physique.

6.1.3. Modéliser - Simuler - Représenter - Observer

Il est souvent utilisé le terme *simuler* et le terme *modéliser* pour désigner la même activité. Ces deux termes ne sont pas équivalents. Ils caractérisent deux étapes différentes. Elles sont nécessaires et fondamentales à toute expérimentation numérique. Pour différencier les étapes majeures, on peut repartir tout naturellement des opérations que l'on effectue et de celles qui sont effectuées. Toute expérimentation numérique peut se schématiser ainsi :

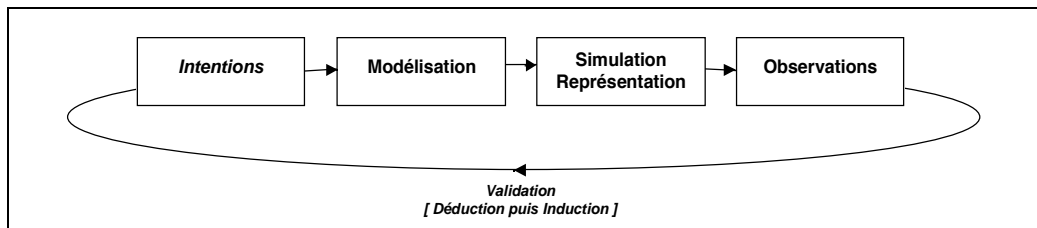


Figure 12 : Boucle d'expérimentation numérique

La première étape consiste à définir des intentions. Il s'agit de répondre aux deux questions précédemment soulevées : "modéliser quoi ? Et modéliser pourquoi ?". Ces intentions peuvent être de diverses natures. Il y a au moins deux intentions récurrentes dans les usages : celle qui consiste à vouloir générer une simulation à des fins de connaissance, voire à des fins de prédiction et celle qui consiste à vouloir générer une simulation à des fins de création. Ces deux intentions ne s'opposent pas, bien au contraire, elles peuvent s'alimenter en général très bien l'une et l'autre. Etienne Guyon précise à ce sujet que "certaines simulations sont une transposition directe du phénomène à étudier dans un aller et retour permanent entre le modèle *paramétrisé* et le réel dont on est parti [...]. Mais le modèle peut posséder un champ

d'autonomie important, définissant alors son propre domaine de réalité indépendamment du problème de départ"¹¹⁴.

La deuxième étape consiste à imaginer, modifier ou choisir un système de modélisation, puis à l'intérieur de celui-ci de mettre au point un modèle qui s'avérerait pertinent aux vues des intentions. Cette étape permet de répondre en grande partie à la question du "modéliser comment ?". C'est une étape d'abstraction.

La troisième étape est celle qui correspond à la simulation et à la représentation. Cette étape finie de répondre à la question du "modéliser comment ?". C'est elle qui réalise le calcul numérique des dynamiques à partir du modèle afin de pouvoir les synthétiser dans un mode de représentation choisi.

La quatrième étape est celle de l'observation, de l'appréciation et de l'évaluation. Cette étape peut s'appuyer autant sur des méthodes qualitatives que sur des méthodes quantitatives. C'est une étape d'analyse et de déduction.

En fonction des intentions initiales et en regard à la pertinence ou non de ce qui est observé, on peut, par un processus récurrent d'induction, revenir à la définition du modèle, le réécrire, l'affiner ou l'éprouver. On peut même remettre en cause et reformuler son intention initiale.

Ces étapes sont techniquement indépendantes. Mais, bien souvent, la pré-connaissance de chacune auto-définit en partie les autres. À chaque étape, des choix se présentent. Ces étapes et les choix qu'elles nécessitent peuvent être autant de pièges pour le chercheur que de lieux potentiels pour la création. À chaque instant, la création est possible, souvent elle est nécessaire.

Issus de la simulation, les "phénomènes calculés" ont besoin d'être représentés pour nous être présents, c'est-à-dire pour être phénomènes tout simplement. **Tout modèle nécessite une étape de représentation (et réciproquement, toute représentation nécessite un modèle en amont)**. Elle permet de passer de l'espace numérique à

¹¹⁴ Guyon Étienne (1995). "Modélisation et expérimentation", in *Virtualité et réalité dans les sciences*, sous la direction de Gilles Cohen-Tannoudji, Gif-sur-Yvette : Éd. Frontières & Diderot Éditeur, Arts et sciences, pp. 95-96.

l'espace sensible. La représentation est une étape fondamentale pour la modélisation. Claude Cadoz nous dit qu'"elle prolonge les transmissions spatiale et temporelle, mais elle opère une coupure définitive. Elle substitue aux objets initiaux d'autres objets, construits sur une autre substance et établit la correspondance au travers d'un processus complexe d'analyse et de vérification par l'expérience, impliquant l'homme"¹¹⁵.

La représentation est l'acte de "présenter à nouveau" par la mise en correspondance d'un représentant et d'un représenté¹¹⁶. Mais pour que cette correspondance s'établisse, il faut un espace commun pour l'échange. Ces espaces, dans lesquels la représentation peut s'incarner et par là même être accessible par les sens, peuvent être de plusieurs natures. Pour que cet échange ait lieu, on doit utiliser des convertisseurs numérique -> analogique. L'espace de représentation peut être **sonore** (par le biais d'un transducteur sonore, comme des haut-parleurs), **visuel** (par le biais d'un transducteur visuel, comme un écran), **olfactif** (par le biais d'un transducteur olfactif, comme un diffuseur) et **gestuel** (par le biais d'un transducteur gestuel). Concernant ce dernier et contrairement aux autres, le transducteur gestuel peut être rétroactif c'est-à-dire bi-directionnel. Il peut être capable de communiquer les forces appliquées dans un sens et de restituer l'effort dans l'autre sens (cette fois-ci par un convertisseur analogique -> numérique).

Choisir un mode de représentation est une étape délicate. Elle demande presque toujours un travail important et parfois même plus important que la phase de conception du modèle. Annie Luciani, en parlant de l'image animée, dit bien que "le contour, ou l'habillage, doit être conçu comme une forme nouvelle qui viendrait révéler, voire dévoiler, la structure physique profonde des objets. Il ne colle pas nécessairement à celle-ci, et la distance entre ces deux représentations fait précisément l'objet d'un travail de création"¹¹⁷.

¹¹⁵ Cadoz Claude (1994). *Les réalités virtuelles*, Op. Cit., p. 95.

¹¹⁶ Ibid., p. 116.

¹¹⁷ Luciani Annie (1992). "Ordinateur, Images et Mouvements. Apparition de l'instrumentalité dans l'art du mouvement visuel", Op. Cit., p. 188.

6.2. Présentation du modèle physique

Nous allons dans cette partie nous intéresser au principe de modélisation développé par l'Acroe.

6.2.1. Présentation

L'Acroe est un centre de recherche du Ministère de la Culture et de la Communication. Il a été fondé en 1975 par Claude Cadoz, Annie Luciani et Jean-Loup Florens. Ils ont créé et développé un système de modélisation original basé sur des principes de la physique. Les usages de ce modèle sont nombreux. Ils vont de la création artistique, au développement de technologies numériques à la recherche scientifique multidisciplinaire. Le modèle physique de l'Acroe permet de croiser les arts, les sciences et la technologie.

Fortement utilisé pour la création sonore et l'animation visuelle, le modèle physique a, par ses nombreuses applications¹¹⁸, montré son caractère générique dans l'étude des phénomènes sensibles dynamiques.

Dans l'association *modèle physique*, rappelons le, il faut entendre l'adjectif *physique* comme un qualificatif du mot *modèle* et non comme un outil qui s'appliquerait à la modélisation d'objets physiques. Il est dit physique car il utilise des descripteurs de la physique. Ces descripteurs le rendent a-sensoriel par principe, ce qui lui permet d'être multisensoriel dans ses modalités de représentation. En effet, on peut générer à partir d'un même modèle de l'animation visuelle, des sons et des sensations proprio-tactilo-kinesthésiques [par le moyen d'un transducteur gestuel à retour d'effort]. Le langage permettant la modélisation s'appelle Cordis-Anima.

Le modèle physique de l'Acroe est un modèle générateur construit avec les opérateurs de la physique. On peut considérer que le modèle de l'Acroe utilise la physique comme un langage. Dans la physique dite classique, on trouve deux grands

¹¹⁸ Cf. pour l'ensemble de la production de l'Acroe avec le modèle physique : <http://www-acroe.imag.fr>

systèmes théoriques¹¹⁹ qui ont chacun leur logique et leurs opérateurs : la mécanique newtonienne et la mécanique hamiltonienne.

Selon Annie Luciani, les principes newtoniens définissent une algèbre des systèmes dynamiques (avec la notion de force comme opérateur et l'action-réaction comme principe) alors que les principes hamiltoniens définissent une géométrie des systèmes dynamiques (avec la notion d'action comme opérateur (énergie, quantité de mouvement, etc.) et le principe de moindre action). La mécanique hamiltonienne, par principe, *oblige à considérer le mouvement globalement, comme un tout et à le comparer à une infinité de mouvements virtuels parmi lesquels il est privilégié*¹²⁰. La mécanique newtonienne permet de séparer le mouvement du comportement propre de ses éléments. C'est une algèbre du mouvement, en cela elle est synthétique, alors que la mécanique hamiltonienne est une géométrie du mouvement, et en cela elle est analytique. La mécanique newtonienne permet un calcul incrémental (il y a des pas de calcul, et chaque pas peut dépendre des précédents) que ne permet pas la mécanique hamiltonienne. Elle permet de penser les causes sans connaître les effets. Cordi-Anima est basé sur les principes de la mécanique newtonienne¹²¹.

C'est donc le formalisme newtonien qui est utilisé ici comme langage. Il est basé sur la notion de force¹²² et sur le principe d'action-réaction¹²³, lui-même équivalent au principe de superposition des forces. C'est à partir de ce formalisme, définissant en

¹¹⁹ Une théorie physique est "un système de propositions mathématiques, déduites d'un petit nombre de principes, qui ont pour but de représenter aussi simplement, complètement, et exactement que possible un ensemble de lois expérimentales" Duhem Pierre (1981). *La théorie physique, son objet, sa structure*, Éd. Vrin, [1^{ère} édition 1905] cité dans Lepeltier Thomas (2001). "Les physiciens et l'énigme de la réalité", in *Sciences humaines*, n° 188, p. 16.

¹²⁰ Cf. Jean-Marie Souriau, in *Encyclopædia Universalis*, article "Mécanique Analytique".

¹²¹ Sur la mécanique newtonienne, on peut se référer à l'ensemble du chapitre 2 de Blay Michel (1995). *Les "Principia" de Newton*, Paris : Éd. P.U.F., col. Philosophies.

¹²² Une force est une grandeur vectorielle qui est définie par une direction, un sens et une norme. Newton a défini la notion de force à partir de ce qui s'appelle maintenant une la loi universelle de la dynamique : une masse **m** soumise à une fore **F** subit une accélération **a** de telle sorte que $\vec{F} = m\vec{a}$. L'unité internationale est le Newton.

¹²³ La loi de l'action-réaction peut s'exprimer de la façon suivante : l'action des forces d'un système matériel **A** sur un système matériel **B** est égale et opposée à l'action des forces du système matériel **B** sur **A**, on a donc : $\sum \vec{F}_{B/A} = -\sum \vec{F}_{A/B}$.

quelques sortes les éléments et les règles du jeu, que les modèles créés généreront par simulation des dynamiques. Dans ce formalisme, un système dynamique est habituellement décrit par un ensemble d'équations différentielles. Plongées sur le support de représentation discret qu'est l'ordinateur ces écritures supposent que l'on discrétise l'espace mais aussi et surtout le temps. Cette discrétisation implique le choix d'une fréquence d'échantillonnage correspondant au pas de calcul pour l'incrément. C'est parce que le principe de modélisation physique de l'Acroe est basé sur un système de calcul intrinsèquement dynamique et indépendant des particularités sensorielles, que l'on peut espérer qu'il soit pertinent pour la modélisation de dynamiques complexes et multisensorielles.

6.2.2. Définir le modèle

Comment se définit un modèle avec Cordi-Anima ?

Le système de modélisation de Cordi-Anima, on l'a vu, tire ses principes de la mécanique de Newton avec la notion de force, le principe d'action-réaction. Il permet la conception de modèles par la construction de **réseaux de composants physiques élémentaires**, appelés **modules**.

a. Construction du modèle

La première propriété des modules de Cordis-Anima est leur capacité à communiquer et interagir. La notion de base est celle de "points de communication". Pour des raisons qu'il est difficile de détailler ici, il y a en a deux sortes de points de communications¹²⁴ :

- Les points **M** qui reçoivent des forces et qui renvoient des positions.
- Les points **L** qui reçoivent des positions et qui renvoient des forces.

¹²⁴ Nous renvoyons pour cette question aux différents articles publiés par l'ACROE sur le formalisme CORDI-ANIMA. Voir en particulier Cadoz Claude, Luciani Annie, et alii (1990). *Modèles physiques, création musicale et ordinateur*, actes du colloque organisé par l'Acroe à Grenoble, Paris : Éd. de la Maison des Sciences de l'Homme, Recherche Musique et Danse, n° 13-14-14, 3 tomes.

Ces deux sortes de points de communication forment des paires indissociables. Toute communication physique entre deux modules se fait par l'intermédiaire des points de communication. On ne peut connecter qu'un seul point **M** à un point **L** - un point n'a qu'une seule position à un moment t donné -, mais par contre on peut connecter plusieurs points **L** à un point **M**. La force entrant en **M** est alors égale à la somme des forces venant des points **L**.

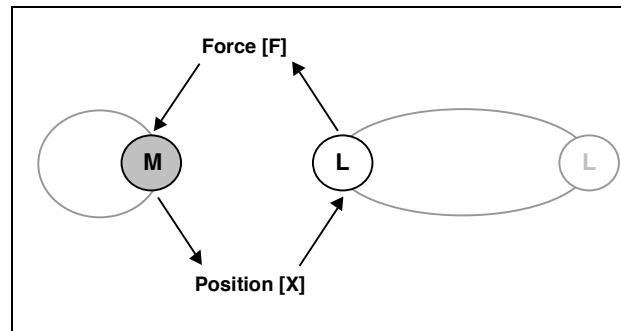


Figure 13 : Points de communication M et L

À partir de la notion de points de communication et de leur catégorisation en deux types, Cordi-Anima définit les deux types de modules nécessaires et suffisants pour construire tout type de réseaux satisfaisant le principe d'action-réaction :

- Les modules **MAT**, comportant un seul point de communication **M**. Ils reçoivent une force et produisent une position.
- Les modules **LIA**, comportant deux points de communication de type **L**. Ils reçoivent deux positions et à partir de leur comparaison, produisent deux forces. Ces forces sont toujours égales et opposées, $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$, et le principe d'action-réaction est toujours satisfait.

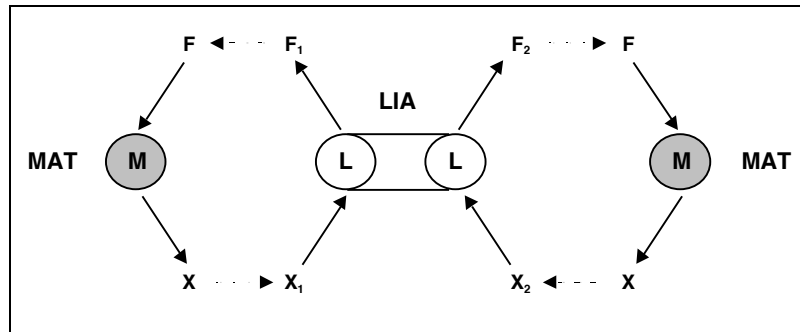


Figure 14 : Deux module MAT liés par un module LIA

À chaque module est associé un algorithme de calcul, c'est-à-dire une manière de calculer ses sorties en fonction de ses entrées.

L'algorithme le plus simple que l'on puisse mettre dans un MAT correspond au calcul différentiel du comportement de la masse ponctuelle : Force (F) -> Position (X) avec $\vec{F} = m \times \vec{a}(X)$. En effet, la position d'un point matériel au cours du temps ne dépend que des forces auxquelles il est soumis (1^{ère} loi de Newton). Par contre, les algorithmes à mettre dans les LIA doivent corrélés deux positions, corrélation à partir de laquelle ils calculeront des forces. Il ne peut s'agir donc que de lois d'interaction dont les plus simples sont : la loi élastique calculant une force à partir d'une corrélation entre les positions et la loi visqueuse calculant une force à partir de la corrélation entre les vitesses, dérivées premières des positions.

En conséquence, les modules MAT ne connaissent qu'eux-mêmes : Ils seraient "solipsites". Les modules LIA qui corrélent des variables provenant de deux entités différentes seraient "relationnels".

Dans sa forme discrétisée, chaque MAT garde aussi en mémoire, afin de permettre l'incrément, sa position retardée, c'est-à-dire sa position à l'échantillon temporel précédent (l'instant d'avant). Le calcul du comportement de la masse ponctuelle s'effectue alors suivant la formule suivante : $X_n = 2X_{n-1} - X_{n-2} + \frac{F_{n-1}}{m}$

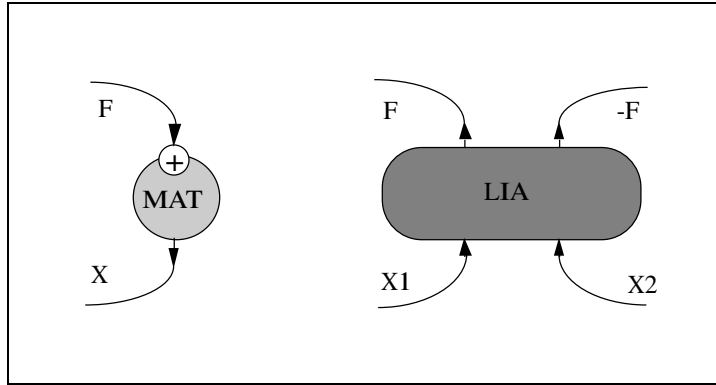


Figure 15: Comportement des MAT et des LIA

Bien que toute fonction d'interaction puisse s'écrire à partir des deux composants élémentaires ci-dessus, il est commode de disposer de toute une panoplie de fonctions d'interactions potentielles et visqueuses plus ou moins complexes : élasticités et viscosités non linéaires, interactions de cohésion, interactions de plasticité, à mémoire, etc. On traitera un peu plus en détail ces fonctions dans la partie suivante.

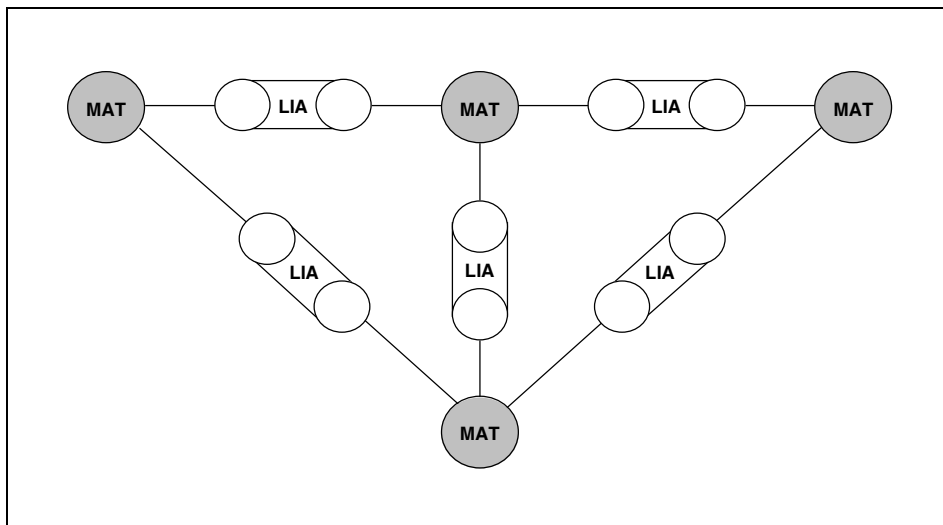


Figure 16 : Exemple d'un réseau Cordis-Anima de 4 MAT reliés par 5 LIA

Un assemblage d'éléments MAT et LIA définit un réseau Cordis-Anima. Il en résulte, de manière récursive, que les modules MAT et LIA peuvent contenir bien autre chose qu'un calcul lié à la masse ponctuelle pour les premiers ou aux interactions élémentaires pour les seconds. Ils peuvent contenir tout un réseau Cordis-

Anima, pourvu que la nature des entrées et des sorties soit respectée. Ainsi un Module Complexe MAT calculera la dynamique directe d'un système quelconque (ensemble de forces -> ensembles de positions) et un Complexe LIA calculera la dynamique inverse d'un système quelconque (ensemble de positions -> ensembles de forces).

Inversement, tout objet défini par le formalisme de Cordi-Anima se résume à l'écriture d'un réseau de MAT et de LIA bien choisis. Définir le modèle, c'est donc écrire le réseau Cordis adéquat. Pour Annie Luciani, le système de modélisation Cordi-Anima définit une algèbre de systèmes dynamiques en interaction.

b. Paramétrage des interactions

Un des atouts du concept de modélisation de l'Acroe réside dans la mise sur le même plan lors de l'écriture d'un modèle des masses ponctuelles (MAT) et de leurs liaisons (LIA). On a vu que les masses ponctuelles peuvent être définies par un simple algorithme d'inertie¹²⁵ ponctuelle, qui ne dépend à la base que d'un seul paramètre numérique. C'est au niveau des liaisons qui permettent l'interaction que l'on trouve les paramétrages générant la "dynamique" : un module LIA calcule, selon un algorithme qui lui est propre, un couple de forces à partir des positions de deux masses ponctuelles et de leurs positions retardées. C'est ce couple de forces qui engendrera le mouvement des MAT.

Le paramétrage des modules LIA est ouvert. En effet, la création dans le modèle physique n'est pas uniquement au niveau de l'écriture du réseau Cordi-Anima, mais elle est aussi au niveau du choix des types de liaisons, de leur invention et surtout de leur paramétrage. Il ne sera traité ici que des types de liaisons qui seront utilisés par la suite.

¹²⁵ Rappelons que ce paramétrage est un choix et qu'un MAT peut contenir tout autre chose comme algorithme qu'un simple calcul d'inertie. Les deux exemples traités dans cette thèse se basent sur ce paramétrage.

La liaison de base de Cordi-Anima est une liaison de type ressort-frottement. Ses attributs sont une longueur au repos L , une constante de raideur¹²⁶ K et une constante de viscosité Z . Ces liaisons sont aussi nommées viscoélastiques. D'expérience, elles se sont montrées pertinentes pour permettent l'émergence de nombreux phénomènes de comportement collectifs¹²⁷. Les algorithmes sont les suivants :

- Pour un ressort : $F_n^2 = -F_n^1 = -K(X_n^2 - X_n^1)$
- Pour un frottement visqueux : $F_n^2 = -F_n^1 = -Z(X_n^2 - X_{n-1}^2 - X_n^1 + X_{n-1}^1)$

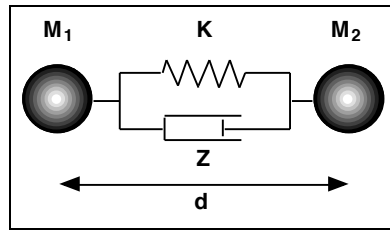


Figure 17 : Liaison viscoélastique

Cordi-Anima intègre aussi des liaisons conditionnelles viscoélastiques. Il s'agit de liaisons qui définissent des états non plus uniquement par les paramètres appliqués (K , Z), mais aussi par des algorithmes plus spécifiques. Ce type de liaison permet assez aisément d'obtenir des phénomènes de cohésion ou à l'inverse des phénomènes de fracture. Une butée viscoélastique est un exemple de liaison conditionnelle simple : c'est-à-dire qu'à partir d'une distance D_K ou D_Z , la liaison n'agit plus.

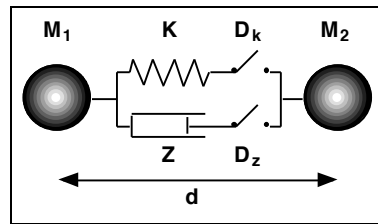


Figure 18 : Liaison de type butée viscoélastique

On peut ainsi définir des fonctions pour des liaisons viscoélastiques qui présentent des évolutions différentes selon des zones prédéfinies. Dans l'exemple ci-dessous, il

¹²⁶ On parle autant de *raideur* que d'*élasticité*. Ce sont deux termes "identiques" pour nommer le paramètre physique K .

¹²⁷ Cf. les travaux d'Annie Luciani sur les sables, les pâtes, les fluides, les fumées, etc.

n'y a pas d'attraction lorsque les deux éléments liés sont espacés d'une distance supérieure à d_5 . Puis, après une répulsion en zone 4, il y a une forte attraction en zone 3, terminant par un puits de potentiel en d_3 , etc. jusqu'à une très forte répulsion quand la distance d'interaction est inférieure à d_1 , rendant quasi impossible la co-présence dans la zone zéro.

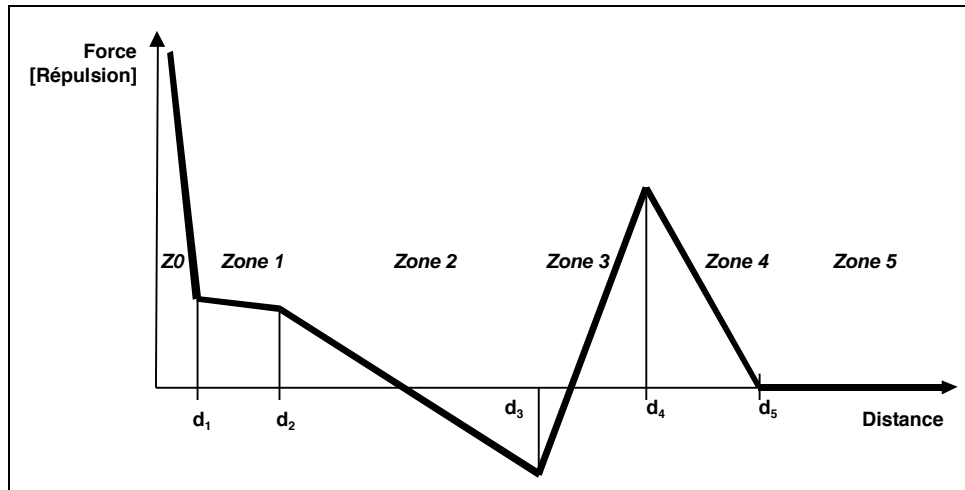


Figure 19 : Exemple de fonction d'élasticité définissant une "liaisons élastique linéaire par morceaux"

Cordi-Anima permet aussi d'avoir des liaisons conditionnelles viscoélastiques à mémoire. Les paramètres d , K et Z varient alors en fonction d'un module de calcul conditionnel qui tient compte d'un historique, c'est-à-dire un module qui tienne compte des états précédents. Ce type de liaisons permet d'obtenir de nouveaux phénomènes dynamiques comme, par exemples, ceux qui sont liés à des logiques d'hystérésis. Ces liaisons permettent de générer des objets dits "plastiques", autrement nommés aussi des objets à mémoire de forme.

Il y a d'autres modules dans Cordi-Anima. Ce sont soit des modules dits "dégénérés" comme des MAT et des LIA auxquels il manquerait des entrées ou des sorties dans la typologie standard, soit des modules dits "fonctionnels" qui ne se basent pas sur l'algèbre physique et en particulier qui ne satisferont pas le principe d'action-réaction ou de circulation et de conservation des variables physiques. Un exemple serait la modulation d'un paramètre (inertie, élasticité, viscosité, etc.) par une variable physique $X(t)$ ou $F(t)$. Ces modules répondent alors à d'autres logiques. "Les modules

fonctionnels (ou extra-physiques) [...] doivent précisément permettre d'introduire dans le corps même de l'objet central, des processus [...] répondant d'une autre logique que celle de la mécanique, de l'instrumentalité physique du monde"¹²⁸.

Cette séparation entre éléments "physiques" et éléments "non-physiques" peut être fondamentale pour la recherche. Elle permet par exemple de différencier de processus qui ne s'appuient que sur des paramètres physiques générateurs et d'autres qui pourraient avoir besoin de paramètres d'un type plus phénoménologique, pour lesquels on ne disposerait pas encore de modèles générateurs. En général, il est intéressant de repousser au maximum l'introduction de tels éléments afin d'éprouver complètement les possibilités des modules physiques. Ceux-ci répondent en général à des principes sous-jacents plus élémentaires. "Cette attitude permet d'identifier rigoureusement l'emplacement d'îlot non physique et par la même, d'une part de circonscrire leurs effets indésirables, d'autre part d'exploiter leurs effets intéressants"¹²⁹.

Par ces dernières remarques, on quitte le paramétrage initial du modèle et des liaisons pour rentrer dans une boucle d'expérimentation par des phases d'induction, de simulation, et d'observation nécessitant pour cela une actualisation du modèle.

6.2.3. Actualiser le modèle

Tout modèle créé avec Cordi-Anima existe indépendamment du mode de représentation grâce auquel les phénomènes simulés seront accessibles à nos sens. On peut dire qu'un réseau Cordi-Anima définit un "espace" qui est relationnel et a-sensoriel, un "espace" en amont aux modalités sensorielles.

¹²⁸ Cadoz Claude, Luciani Annie, Florens Jean-Loup (1990). "Cordi-Anima : système de modélisation et de simulation d'instruments et d'objets physiques pour la création musicale et l'image animée", in *Modèles physiques, création musicale et ordinateur*, actes du colloque organisé par l'Acroë à Grenoble, Paris : Éd. de la Maison des Sciences de l'Homme, Recherche Musique et Danse, p. 621.

¹²⁹ Ibid.

Toute modélisation nécessite de définir un "espace" dans lequel le modèle simulé nous sera présenté pour être accessible à nos sens. On peut nommer cet "espace", un espace de représentation. On passe donc d'un espace "abstrait" qui est l'espace du modèle à un espace sensoriel, qui est l'espace de représentation.

Le système de modélisation de l'Acroe permet à tout modèle Cordi-Anima de s'actualiser dans des espaces sonores, visuels ou tactilo-proprioceptifs. Le modèle simulé peut générer des dynamiques s'actualisant dans chacun des trois séparément ou dans les trois simultanément. On peut alors espérer que la correspondance des trois s'avère "pertinente" dans un "effet de cohérence multisensorielle". Cette cohérence serait bien alors le fait du modèle numérique sous-jacent communs aux modalités sensorielles et du processus dynamique les engendrant.

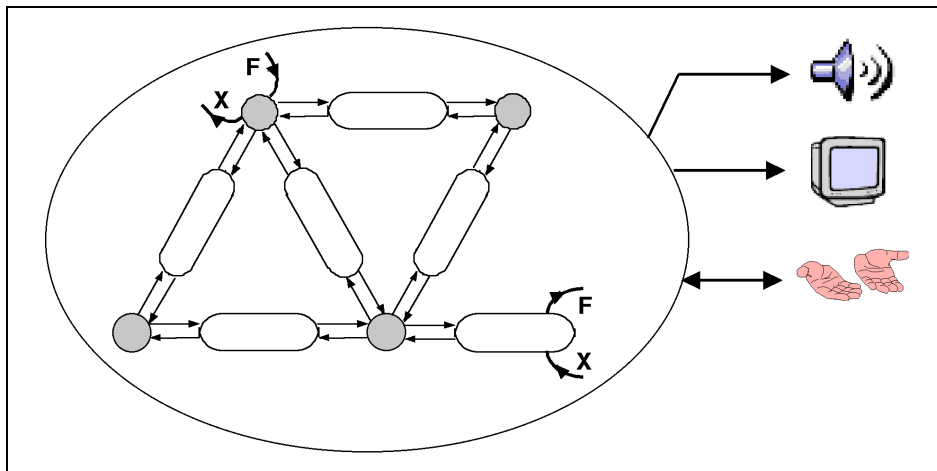


Figure 20 : Espace du modèle / espaces de (re)présentation

Qu'ils soient "naturels" ou "simulés", pour Claude Cadoz, les phénomènes sensibles, ont deux propriétés importantes¹³⁰ :

- leur étendue (l'espace),
- et leur permanence (le temps).

¹³⁰ Cadoz Claude (1994). *Les réalités virtuelles*, Op. Cit., p. 81.

Et c'est parce qu'il s'inscrit dans une dynamique de l'espace et du temps que le "geste" (l'action) permet une correspondance homéomorphe entre les différentes modalités sensorielles (sonore, visuel, tactilo-proprioceptif)¹³¹.

Les phénomènes simulés trouvent ici leur origine dans un système de construction commun : "Synthétiser (simuler) la cause, unifiée, d'effets sensoriels multiples et cohérents entre eux suppose tout d'abord que l'on analyse la cause elle-même. Nous ne parlons plus alors de phénomènes physiques (sensibles), mais d'objets physiques accessibles à nos actions et à nos perceptions. Un objet physique n'est pas quelque chose que l'on voit, que l'on entend, et à quoi l'on ajoute ensuite l'interaction. C'est d'abord la fermeture d'une boucle active-perceptive, un lien essentiel entre nos actions et nos perceptions. Dans nos relations élémentaires avec les objets physiques habituels, il y a trois boucles : du geste à la vision, du geste à l'audition et du geste à la perception tactilo-proprio-kinesthésique"¹³².

Annie Luciani voit dans cette possibilité bien plus qu'un outil d'aide à la connaissance ou la maîtrise d'une technologie, mais bien un art nouveau : "[...] au-delà de cet art de l'animation, s'ouvre un art intrinsèquement multisensoriel "gestes-sons-images" dans ses atomes mêmes ; un art dans lesquels sons et images trouveraient un lien organique profond par le biais des structures communes que sont les structures gestuelles ; un art nouveau, imaginable seulement avec l'informatique, dont nous ne pouvons que postuler l'apparition, tant en matière d'art l'assise culturelle et technologique est fondamentale"¹³³.

¹³¹ "Les correspondances fondamentales sont donc celles qui permettent de rendre sensible un phénomène qui ne l'est pas, ou d'adresser à un sens un phénomène qui s'adresse naturellement à un autre sens, de modifier l'échelle temporelle ou l'échelle spatiale d'un phénomène, de transformer sa détermination temporelle en une détermination spatiale, et réciproquement." Ibid., pp. 80-81

¹³² Ibid., pp. 58-59.

¹³³ Luciani Annie (1992). "Ordinateur, Images et Mouvements. Apparition de l'instrumentalité dans l'art du mouvement visuel", Op. Cit., p. 189.

7. Deux études de cas - deux modalités d'investigation

7.1. Conduites de cheminement et ambiances sonores - champs thématiques

Pour mettre en application nos hypothèses, deux champs thématiques sont investis. Notre problématique impliquait de les choisir au sein du corpus d'étude des ambiances architecturales et urbaines - c'est-à-dire au croisement du construit, du social et du sensible -, et qu'ils soient, autant que faire ce peu, représentatifs de la notion de dynamique.

Pour appartenir au corpus des ambiances, il faut, selon la définition la plus ouverte proposée par Pascal Amphoux¹³⁴, que les situations étudiées engagent un rapport sensible au monde et qu'elles nécessitent pour leur analyse une approche interdisciplinaire. Jean-François Augoyard précise que l'approche interdisciplinaire des ambiances doit faire intervenir la physique, la psycho-sociologie, et l'architecture. Et de plus, comme on l'a vu, les situations étudiées doivent être exprimables.

¹³⁴ Il donne une définition plus complète qui reprend en partie les conclusions du rapport sur "la notion d'ambiance" dans Amphoux Pascal (2001, à paraître). "Ambiance architecturale et urbaine", in *Dictionnaire de la géographie et des sciences de l'espace social*, sous la direction de J. Lévy et M. Lussault, Paris : Éditions Belin.

Les éléments de construction des ambiances fournis dans la problématique impliquaient que les situations analysées s'éprouvent par une expérience sensible, que cette expérience sensible s'actualise dans un processus et que ce processus soit le résultat d'un ensemble d'interactions entre des éléments d'un contexte.

En fonction de ces éléments, les champs thématiques abordés seront :

- **les conduites de cheminement,**
- **et les ambiances sonores.**

La raison de ces deux champs n'est pas uniquement issue d'une logique déductive. Ils sont, de par leurs complexités phénoménologique autant que physique, des sujets d'intérêts récurrents dans les études sur les ambiances architecturales et urbaines. De plus, ils s'inscrivent en continuité avec des travaux menés antérieurement sur le cheminement¹³⁵.

Tout en étant très différents, ces champs thématiques ont un ensemble de caractères communs. Tous deux issus d'un contexte urbain ordinaire, ils relèvent bien :

- d'un rapport sensible au monde,
- d'une organisation spatio-temporelle dynamique,
- de phénomènes collectifs¹³⁶.

¹³⁵ On se permet ici de renvoyer à deux études précédentes, la première s'intéresse au rôle des écrits dans la ville sur le cheminement quotidien et dégage une typologie d'orientations visuelles autant que *cheminatoires*. La seconde s'intéresse à l'action de description en cheminement mené par Georges Perec dans 12 lieux parisiens (et en particulier comment le cheminement et ses figures transparaissent dans l'écrit) :

Tixier Nicolas (1998). "Parcours de lecture de la place Sainte-Claire", in Lucci Vincent (dir.). *Des écrits dans la ville. Sociolinguistique d'écrits urbains : l'exemple de Grenoble*. Paris : Éd. L'Harmattan, pp. 267-301.

Thibaud Jean-Paul, Tixier Nicolas (1999). "L'ordinaire du regard", in *Le cabinet d'amateur*, Toulouse : Éd. Presses Universitaires du Mirail, n° 7-8, pp. 51-57 & in (1999) *Parpaings*, Paris : Éditions Jean-Michel Place, #3, pp. 28-29.

¹³⁶ Il convient de bien préciser cette notion de collectif. En sociologie "classique" (Durkheim), il y a une prééminence du collectif sur l'individuel. C'est-à-dire que chaque individu a le sens du collectif (de la société) et agit en fonction. L'autre acception, "sous la bannière assez large de l'individualisme méthodologique, récuse l'existence d'entités collectives. Seul l'individu est réel. On doit reconstruire

Afin de délimiter l'ampleur des études, **deux cas précis sont sélectionnés**. Ils ont tous les deux en commun l'action de parcourir, mais ils s'incarnent à travers des modalités sensorielles différentes :

- Pour l'étude des conduites de cheminement, il s'agit plus particulièrement de s'intéresser aux **dynamiques piétonnières** dans un couloir au milieu duquel se trouve **un "sas" composé de portes automatiques**.
- Pour l'étude des ambiances sonores, il s'agit dans un premier temps de s'intéresser aux **dynamiques sonores** dans une pratique de cheminement en espace public urbain puis, dans un second temps, de se focaliser sur les effets sonores qui caractérisent ces dynamiques de cheminement et plus particulièrement sur **l'effet de métabole**¹³⁷.

les phénomènes collectifs à partir des actions et interactions individuelles". In Livet Pierre (1994), *La communauté virtuelle. Action et communication*, Combas : Éd. de l'Éclat, p. 7.

Entre ces deux extrêmes, il y a une voie plus conciliante peut-être qui consisterait à dire qu'effectivement tout phénomène collectif est une construction perceptive et imaginaire qui en fait un objet "abstrait", mais cet objet "abstrait" peut avoir des conséquences concrètes, il peut agir. L'idée étant que les propriétés émergentes d'un collectif ne sont pas forcément présentes dans les individus. Donc un phénomène collectif est une construction "abstraite" d'individus en interaction. Cette construction peut opérer des actions sur le réel.

¹³⁷ Les termes de conduites de cheminement et d'effets sonores seront précisés dans les deux chapitres qui les concernent (chapitres II et III). Le seul terme un peu complexe qui nécessite d'ores et déjà une définition est celui d'*effet de métabole* :

"Effet perceptif sonore décrivant les relations instables et métaphoriques entre les éléments composant un ensemble sonore. Figure classique de la rhétorique, la métabole caractérise l'instabilité dans le rapport structural qui lie les parties d'un ensemble, et donc, la possibilité de commuter dans n'importe quel ordre les composants élémentaires d'une totalité, la faisant percevoir comme étant en perpétuelle transition. En grec ancien, le mot *metabolos* signifie ce qui est changeant, quelque chose qui est en métamorphose. Ici, le changement considéré affecte le rapport des éléments qui composent l'environnement sonore, celui-ci pouvant se définir comme l'addition et la superposition de sources multiples entendues simultanément" in Chelkoff Grégoire, "L'effet de métabole" in Augoyard Jean-François, Torgue Henry, et alii (1995). *À l'écoute de l'environnement - Répertoire des effets sonores*, Marseille : Éd. Parenthèses, p. 86.

7.2. Le cycle et l'autoréférence - principes méthodologiques

7.2.1. Un principe fondateur : le cycle de l'observation et de la modélisation

L'approche des ambiances pose, à l'instar d'autres disciplines, la question du rapport quantitatif / qualitatif et par là même celle de la maîtrise du projet d'architecture. Nous rejoignons l'idée commune à de nombreux travaux qu'une des façons d'aborder ces deux pôles souvent disjoints est de passer par le biais de modes de représentation et de synthèse fondés sur des approches morphodynamiques. Ces approches tiennent compte de la dimension temporelle autant que de la dimension gestuelle et motrice constitutive de la perception des phénomènes d'ambiance.

Un des principes fondateurs de cette recherche réside dans la mise en place d'une méthodologie cyclique qui propose des **allers-retours** entre l'observation *in situ* et la modélisation numérique pour l'étude de phénomènes sensibles.

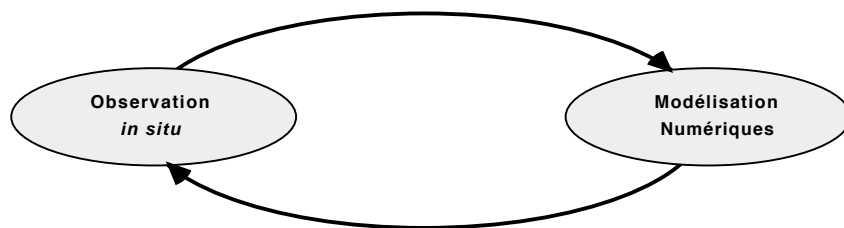


Figure 21 : Boucle méthodologique générale

Cette boucle apparaît vertueuse dans son principe même ; principe qui peut s'énoncer ainsi : il faut **expérimenter pour connaître et connaître pour expérimenter**. Cette formule est inspirée de celle proposée par Claude Cadoz dans une réflexion sur la représentation, la modélisation, la simulation et la création avec l'ordinateur : "Simuler pour connaître / Connaître pour simuler"¹³⁸.

¹³⁸ Cadoz Claude (1990). "Simuler pour connaître / Connaître pour simuler", in *Modèles physiques, création musicale et ordinateur*, actes du colloque organisé par l'Acroë à Grenoble, Paris : Éd. de la Maison des Sciences de l'Homme, Recherche Musique et Danse, pp. 663-708.

Cette boucle méthodologique est rendue possible grâce aux nombreux travaux précédents et aux méthodes inventées et mises au point, et ce, autant pour les études *in situ* que pour les travaux de modélisation numérique. En effet :

- Les modèles physiques développés par l'Acroe offrent un lien déjà éprouvé entre les approches morphodynamiques théoriques et la synthèse numérique de phénomènes sensibles.
- De la même façon, les méthodes et les techniques créées par le Cresson pour l'étude des phénomènes sensibles et des ambiances *in situ* s'avèrent maintenant bien au point (parcours commentés, écoute réactivée, observation récurrente, etc.).

Aussi, la spécificité de cette boucle méthodologique est, non pas tant dans les techniques utilisées, que dans la volonté de **les appliquer de façon similaire et symétrique** à la fois aux phénomènes *in situ* et aux phénomènes issus d'une modélisation numérique.

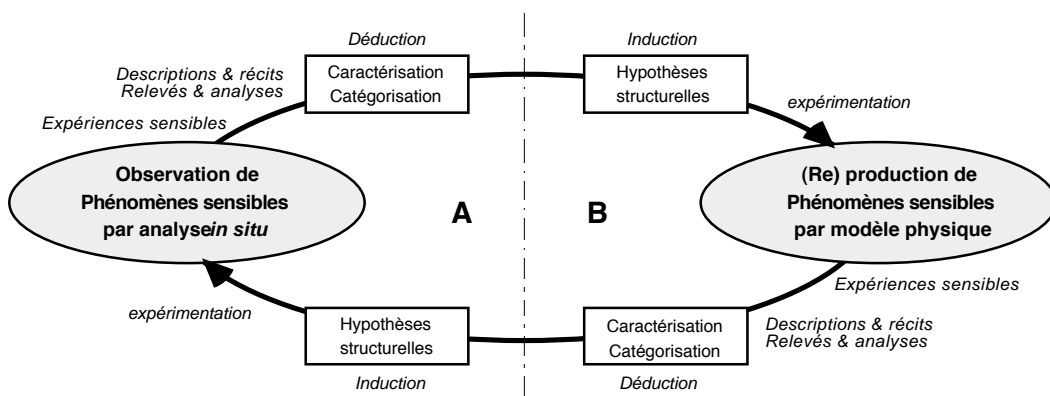


Figure 22 : Boucle méthodologique détaillée

Description linéaire du processus idéal d'un cycle :

Prenons l'exemple d'un phénomène sensible à étudier. C'est un cas de départ. L'application d'une méthode compatible avec la nature du phénomène permet à partir d'expériences sensibles d'obtenir des relevés qui sont comme autant d'expressions de ces expériences (observations, mesures, descriptions, récits). Puis ces relevés sont analysés par différentes techniques. Des caractéristiques de nature qualitative et de

nature quantitative sont mises à jour. Quand c'est possible, une logique de catégorisation s'esquisse. Ces résultats permettent d'induire des hypothèses "structurelles", c'est-à-dire qui caractérisent l'amont des phénomènes, en vue d'imaginer ou de modifier un modèle. Ensuite, une série d'expérimentations numériques de ce modèle est réalisée. L'expérience sensible et les relevés faits des phénomènes ainsi générés permettent, par rapprochements successifs puis par une analyse, de dégager des caractéristiques remarquables. De ces caractéristiques, on en induit (par imagination, modification...) des hypothèses structurelles qui soutendent l'émergence de phénomènes *in situ*. Ces inductions amènent à nouveau à faire l'expérience de l'*in situ*. Mais cette fois-ci, elle se fera avec un "regard différent" car informé et hypothétique¹³⁹. Ce retour à l'*in situ* pourra se faire avec un protocole d'expérimentation adapté afin d'éprouver les hypothèses reformulées précédemment. Etc.

Cette boucle, dans son fonctionnement global, laisse la possibilité de parcours à des boucles plus petites. Ces nouvelles boucles ne court-circuitent pas vraiment la dynamique globale du schéma général. En effet, le passage de l'*in situ* au numérique (et inversement) ne se fait pas toujours automatiquement à chaque étape. Plus couramment, on effectue un certain nombre de "petits" aller-retour, bouclant par induction sur un des deux objets uniquement afin de le soumettre à un ensemble d'expérimentations dans un objectif re-précisé.

Ces boucles sont représentées par les flèches grises dans ce nouveau schéma.

¹³⁹ "Le "retour au réel", dans ce cas, existe sous une autre forme, en dehors de la relation avec la représentation : c'est le réinvestissement, dans les actions et les expériences ultérieures, sous une forme ou sous une autre, des connaissances acquises." Cadoz Claude (1994). *Les réalités virtuelles*, Op. Cit., p. 97

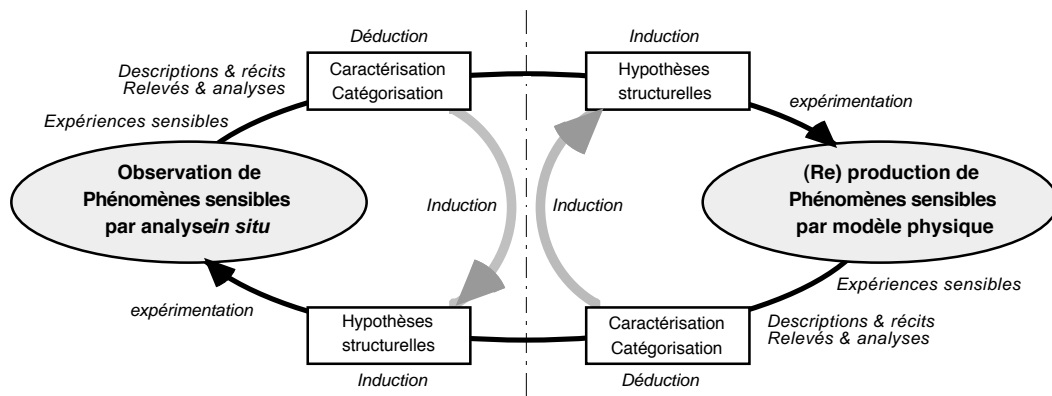


Figure 23 : Apparition de boucles internes

Bien que sa vertu réside principalement dans une pratique des allers-retours qui affinent le savoir, cette boucle n'a, dans cette logique schématique, ni début, ni fin. On fait autant de tours, c'est-à-dire de cycles, que l'on souhaite. De même, on peut partir de n'importe lequel des éléments se trouvant sur le schéma (un phénomène issu de l'*in situ* ou issu de la modélisation numérique, mais aussi une méthode que l'on voudrait éprouver, une hypothèse que l'on voudrait vérifier, etc.), et s'arrêter quand *on estime*, en fonction normalement d'intentions initiales (explicitation des : *qu'est-ce que l'on cherche ? A quels fins ?*). C'est une logique rétroactive qui sous-tend cette boucle. Ce principe circulaire s'inscrit dans :

- Une logique cyclique, non linéaire ;
- Une logique non directement causale : par la recherche de structure sous-jacentes favorisant l'émergence. On peut alors parler de circonstances causales, ou de causes efficientes en contexte ;
- Une logique qui ne s'exprime pas exclusivement sur la métrique : l'expérience sensible puis le récit sont à la base même des observations et des relevés ;
- Une logique qui passe alternativement de la déduction à l'induction par l'expérience et l'expérimentation ;

- Une logique non dualiste : il n'y a ni opposition ni irréductibilité de l'*in situ* et du numérique. L'un sert à mieux comprendre l'autre, à mieux créer l'autre. Tout en même temps que l'un se sert de l'autre pour mieux se connaître tant au niveau phénoménal, qu'au niveau procédural et qu'au niveau structural.

7.2.2. Un principe finalisant : l'autoréférence et son double

Cette boucle constitue donc en soi un processus dynamique qui met en vis-à-vis l'*in situ* et le numérique. Ce vis-à-vis est double. Il joue à la fois au niveau des phénomènes étudiés et au niveau des techniques et des notions utilisées.

L'enjeu de notre problématique par rapport à cette boucle méthodologique est de réintroduire au maximum la dynamique à toutes les étapes et à tous les niveaux de chacune de ces étapes, par les notions d'expérience, de processus et de relation.

Cet enjeu est sous-tendu par un double principe d'autoréférence¹⁴⁰ :

- Chaque objet d'étude sert de référence à l'étude de l'autre. Par la mise en boucle, ces deux références enchaînées finissent par définir une autoréférence propre à chaque objet d'étude.
- La seconde autoréférence est entre la nature de l'objet d'étude et les principes de la méthode choisie pour son étude.

Pour ce dernier principe d'autoréférence, il s'agit bien d'une adéquation possible entre les dynamiques étudiées et les techniques utilisées pour les aborder. Plus exactement, il s'agit de la façon dont se construit puis advient un phénomène sensible, tout autant que de la façon dont sa caractérisation apparaît par la technique d'analyse elle-même.

¹⁴⁰ Sur les notions d'autoréférence et de récurrence comme enjeu, on peut se reporter à différents travaux de recherche de Pascal Amphoux et pour des éléments théoriques on peut lire Amphoux Pascal, Pillet Gonzague (1985). *Fragments d'écologie humaine*, Albeuve : Éd. Castella & Bruxelles : Éd. de l'ULB.

En effet, les méthodes qui seront utilisées sont des techniques d'analyse qui au moins dans une de leur phase utilisent des processus et des logiques d'émergence (les parcours d'écoute qualifiée, l'observation récurrente, la technique de la "table et des ciseaux", l'expérimentation numérique). Comme nous le verrons lors des deux études de cas, leur déroulement intègre des principes de morphogenèse inhérents à leur fonctionnement.

Ce principe d'autoréférence, souvent difficile à mettre en place et peut-être un petit peu utopique de par la quête d'unité qu'il requiert, s'avère plutôt être une visée. **Mais cet horizon d'activité permet de penser un lien de co-naturalité entre objet et méthode, et donc par extension, entre analyse et projet.**

7.3. La récurrence et la création - vertus potentielles

Cette boucle n'est pas sans poser quelques questions. Plus exactement, on pourrait dire, l'étude terminée, que ses vertus ne sont pas uniquement là où on les attendait.

Dans son principe, cette boucle requiert un nombre d'étapes importantes et beaucoup de rigueur dans l'enchaînement des étapes. De fait, l'avancement des études de cas a été plus "rugueux" que ne le laisse supposer la "lisse" courbe de la boucle. Ces variations ne remettent pas en cause les principes méthodologiques inhérents à la boucle. Elles l'éclairent plutôt selon deux autres aspects qui s'avèrent différents de ceux qu'on lui prêtait initialement - *expérimenter pour connaître et connaître pour expérimenter* -, à savoir : *la récurrence comme règle du jeu nécessaire et la création apparaissant comme inévitable*¹⁴¹.

a. La récurrence comme règle du jeu nécessaire

Le schéma méthodologique global de cette recherche se présente comme une boucle bien refermée sur elle-même. Mais cette figure, qui rend compte du principe général,

¹⁴¹ Les remarques suivantes pourraient se trouver en conclusion, mais il semblait intéressant de les avoir en mémoire pour aborder en connaissances les deux études de cas dans leur déroulement.

cache en fait un élément pourtant bien présent : le temps (un début, un déroulement, une fin). Il y a toujours un amont et un aval.

Lorsqu'elle est pratiquée, la boucle se fait spirale et monte vers le haut. *De facto* elle a un point d'entrée et une évolution. Mais la spirale ne se déroule pas sans quelques objectifs. À cette fin - et pour cette fin -, on peut s'appuyer sur une méthode qui implique non pas une avancée continue, mais au contraire, un resserrement progressif vers un point de sortie.

Pascal Amphoux propose d'utiliser l'autoréférence pour décider du moment pour suspendre l'activité de récurrence des images dans un processus de description d'un phénomène sensible¹⁴². Il s'agit de parvenir, à force de récurrence¹⁴³, à générer une autoréférence des connotations, laquelle est toujours de l'ordre du sens. La récurrence nécessite de réinjecter dans chaque temps de chaque phase d'analyse les éléments de synthèse des temps précédents afin de les éprouver, de les consolider ou de les relativiser : par exemple pour chaque entretien, on injecte les résultats des entretiens précédents, synthétisés, pour faire réagir la personne dessus, et ainsi de suite. On peut arrêter lorsque l'on obtient une stabilité et une robustesse satisfaisantes des connotations. Le principe de récurrence est un processus dynamique qui vise donc l'émergence de l'autoréférence. Il transforme notre spirale méthodologique qui suit les bords d'un cylindre en une spirale qui suivrait alors les bords d'un cône pour se finir en sa pointe, lieu et moment de l'autoréférence. Ainsi, la récurrence offre une finalité et permet une maîtrise de la boucle. On peut considérer la boucle comme un système dynamique avec un principe de réentrance qui fait converger le système.

Si l'autoréférence devient un enjeu, la récurrence serait la règle du jeu.

¹⁴² Cf. conclusion de Amphoux Pascal, Pillet Gonzague (1985). *Fragments d'écologie humaine*, Op. Cit.

¹⁴³ On reviendra dans le Chapitre II sur le principe de récurrence à propos de : Amphoux Pascal (2001). "L'observation récurrente", in *L'espace urbain en méthodes*, sous la direction de Michèle Grosjean et de Jean-Paul Thibaud, Marseille : Éd. Parenthèses, pp. 153-169.

La récurrence, avec ou sans l'enjeu de l'autoréférence, apparaît dans notre schéma général comme un processus dynamique transversal. On la retrouve à trois niveaux, elle est :

- Spirale de la méthodologie principale ;
- Centrale aux différentes techniques d'analyse ;
- Verticale par les phases d'expérimentations qui court-circuitent la spirale¹⁴⁴.

Est-ce à dire que la récurrence qui offre une fin au processus apparaît comme plus vertueuse que la boucle ? Oui et non, mais, si elle l'est, alors c'est une vertu **au sens d'une virtualité**. La récurrence est virtuellement porteuse de l'émergence d'un résultat qui demande à s'actualiser.

b. La création apparaissant comme inévitable

La formule *Expérimenter pour connaître et connaître pour expérimenter* masque aussi une autre réalité. En effet, apparemment, la création est absente de la boucle, même transformée en spirale. Pourtant, dans la pratique, il n'en va pas ainsi. Tout au long de l'application de la méthode sur les deux études de cas, la création est venue *s'insérer* dans la logique initialement mise en place. Générés de l'intérieur par les besoins de la boucle elle-même tout autant que rapportés de l'extérieur pour orienter la boucle différemment, ces éléments de création sont apparus comme inévitables et nécessaires au déroulement de celles-ci.

Cette apparition de la création dans la boucle initiale est sans doute inhérente aux étapes qui mettent en jeu le principe d'induction. L'induction nécessite d'imaginer ce qui est en deçà. Elle conduit à l'intuition, à l'invention, à la création. La boucle propose au moins trois lieux à fort potentiel pour ces échappées créatrices :

¹⁴⁴ On a vu que des petites boucles d'expérimentation venaient se refermer sur une des parties du schéma. Avec le déroulement en spirale, ces petites boucles deviennent en quelque sorte des trajectoires verticales orientées. Ces trajectoires, nécessaires à l'affinement de toute expérimentation, comportent un risque, celui d'oublier la préoccupation générale, et de s'échapper telles des lignes de fuite traversant la spirale.

- **Au niveau des hypothèses structurelles** par l'invention de modèles sous-jacents aux phénomènes.
- **Au niveau des méthodes d'analyse**, qu'il faut adapter, modifier ou imaginer selon les phénomènes étudiés.
- **Au niveau de l'expérimentation**, il faut inventer les conditions de l'expérimentation. Pour la partie numérique, il s'agit avant tout de savoir comment passer du modèle (données abstraites) à l'expérience sensible (expérience concrète). Pour cela il faut un espace interface (écran, haut-parleur, etc.). Cette interface n'est pas réellement donnée, elle nécessite d'être pensée. De la même façon pour l'*in situ*, il y a parfois la nécessité d'imaginer des techniques pour faciliter l'expérimentation et l'appréhension des phénomènes.

Ces nécessaires interventions créatrices viennent transformer la boucle générale autant qu'elles la permettent et l'enrichissent. Malgré ou grâce à toutes ces dynamiques croisées, la boucle *in fine* est effective.

Est-ce alors une vertu supplémentaire ? Oui et non. Comme pour le point précédent, si elle l'est, ce serait une vertu **au sens d'une virtualité**. La boucle est virtuellement porteuse d'intervention créatrices qui ne demande qu'à s'actualiser.

Pour finir, la boucle n'est pas aussi refermée que sa schématisation. Lieu de toutes les dynamiques, l'expérience oblige à créer à tous les niveaux. Est-ce à dire, **sans bien pouvoir séparer les deux**, qu'elle serait vertueuse pour la connaissance et virtuelle pour la création ?

Expérimenter pour connaître et créer / Connaître et créer pour expérimenter.

La problématique est maintenant connue. Expérimentons-la.

Chapitre II

Les conduites de cheminement

Étude 1 : **Observations *in situ* et modélisations numériques**

"Vivre, c'est passer d'un espace à un autre,
en essayant le plus possible de ne pas se cogner"

Perec Georges (1974). *Espèces d'espaces*, Paris : Éd. Galilée, p. 14.

1. Dynamiques piétonnières

Le premier champ d'étude pour l'application des hypothèses concerne **les conduites de cheminement** dans l'espace urbain.

L'étude de cas s'applique à décrire puis à modéliser les conduites dans un espace composé d'un couloir avec des portes automatiques.

Il s'agit dans un premier temps d'observer puis de décrire les dynamiques récurrentes d'interaction entre une personne et une autre, entre une personne et un groupe mais aussi entre une personne et le cadre bâti dans lequel elle évolue. Le contexte choisi pour l'étude *in situ* est l'entrée d'un centre commercial composée d'un sas avec des portes automatiques. La méthode utilisée pour caractériser les conduites de cheminement est celle de **l'observation récurrente**. Elle permet **de réciter** et d'analyser les conduites à partir de vidéogrammes. Cette méthode, qui sera présentée par la suite, a été mise au point par Pascal Amphoux. Elle a permis de dégager un certain nombre de *dynamiques* d'interactions et de comportements collectifs. Ces observations esquissent quelques hypothèses sur les causes potentielles qui participent à l'émergence de dynamiques remarquables.

Dans un second temps, à partir de cette caractérisation et des hypothèses dégagées, une phase d'expérimentation numérique est réalisée. Elle se base sur le système de **modélisation physique** de l'Acroe.

Afin de légitimer ces deux choix méthodologiques, nous passerons d'abord en revue des études sur le cheminement en milieu urbain, puis nous les remettrons en

perspectives. Nous ferons de même avec des études portant sur la modélisation numérique des conduites.

1.1. Décrire le cheminement

1.1.1. Des études sur le cheminement - bilan critique et mise en perspective

L'espace vécu est un espace de mouvement. Dans l'espace public urbain, le cheminement est une des actions ordinaires par laquelle la ville nous est accessible. Les architectes et les urbanistes se sont toujours intéressés à ce qui relève à la fois du parcours et de l'acte de parcourir. Que ce soit pour le passage des chariots, des chevaux, des voitures, des tramways, des vélos, des piétons... des logiques basées sur la mobilité ont bien entendu participé à dessiner les rues, les quartiers et les villes.

L'espace public est le plus souvent un espace de cheminement. En tant que tel, il a parfois été pensé et conçu en fonction d'intentions explicitement liées au parcours. Mais ces intentions qui essaient de prévoir ce que sera le déplacement dans l'espace ne relèvent pas d'une science. Il n'y a pas, en amont de la conception, une connaissance sur laquelle tout le monde s'entend pour savoir ce qu'est un cheminement ou ce que devrait être un espace de cheminement.

Il est intéressant, pour montrer que cette question relève presque d'une éthique de l'espace, de comparer la vision d'un encore jeune Le Corbusier en 1925 à celle d'un déjà âgé Louis Kahn en 1974.

"L'homme marche droit parce qu'il a un but ; il sait où il va. Il a décidé d'aller quelque part et il y marche droit. L'âne zigzague, muse un peu, cervelle brûlée et distrait, zigzague pour éviter les gros cailloux, pour esquiver la pente, pour rechercher l'ombre ; il s'en donne le moins possible. [...] L'âne a tracé toutes les villes du continent, Paris aussi, malheureusement. [...] La rue courbe est le chemin des ânes, la rue droite le chemin des hommes. La rue courbe est l'effet du bon plaisir, de la nonchalance, du relâchement, de la décontraction, de l'animalité. La droite

est une réaction, une action, un agissement, l'effet d'une domination sur soi. Elle est saine et noble. Une ville est un centre de vie et de travail intenses.¹⁴⁵

"Question : On nie la spontanéité quand les sociologues urbanisent la ville ? Réponse de L. Kahn : On la nie. Absolument, on en nie chaque parcelle. Et personne ne peut faire un modèle, sauf un modèle complètement rigide et inhumain [...]. Les urbanistes qui font une promenade dans les airs, disons une promenade linéaire, ne pensent pas vraiment humainement. Les gens ne marchent pas en ligne droite, sauf quand ils ont à prendre un train, mais ils ne s'amuse pas à ce moment-là [...]."¹⁴⁶

Ces deux conceptions radicalement opposées sur ce que doit être le cheminement en ville conduisent a priori à des urbanismes très différents. Pourtant, si l'on observe un tant soit peu ce qui se passe autour de nous, on se rend compte que toutes les situations urbaines ne se valent pas. On ne marche pas de la même façon dans une ruelle déserte un dimanche soir, que dans une avenue pleine de monde un samedi après-midi. On ne marche pas non plus de la même façon si on est en avance pour prendre un train ou si au contraire on risque de le rater. On ne marche pas non plus d'une manière identique s'il fait froid ou s'il fait très chaud, si l'on est chargé ou si on ne l'est pas, si l'on est seul ou si l'on est en couple, à deux ou en groupe. On ne marche pas de la même façon si l'on connaît son chemin par cœur ou, au contraire, si on le cherche, etc.

Les attitudes de cheminements sont nombreuses et changeantes. On retrouve cette multiplicité dans les exemples et les remarques sur le cheminement au travers des descriptions qui parsèment *Paris, Capitales du XIX^e siècle, le livre des passages* avec la figure du *flâneur* développée par Walter Benjamin¹⁴⁷.

¹⁴⁵ Le Corbusier (1994). *Urbanisme*, Paris : Éd. Champs Flammarion, [1^{ère} édition G. Grès et Cie 1925], pp. 3-6.

¹⁴⁶ Kahn Louis (1974). *Questions aux architectes*, entretien avec John W. Cook et Heinrich Klotz, Bruxelles. - Cette comparaison entre Le Corbusier et Louis Kahn a été faite par Jean-Pierre Le Dantec in (1992). *Dédale le héros*, Paris : Éd. Balland, p. 58 note n°24.

¹⁴⁷ À partir d'une "flânerie" par la rue *Sens Unique* et dans *Paris, Capitale du XIX^e siècle*, Olivier Ratouis nous explique qu'un dépassement du couple sujet/objet à propos des notions de constellation et de collectionneur choisis par l'auteur est fait par une mise en place parallèle de réseaux d'objets et des mouvements du piéton. Considérant la rue comme un "bazar" à proprement parler, il cite Gérard Rautet (1984) : "le présent du promeneur et de la ville est un présent discontinu, soumis aux chocs de la promenade qui vague entre fantasmagorie et archéologie de ce présent qui situe la modernité".

En proposant le terme de "conduites de cheminement" et en effectuant une étude précise dans un quartier à nouvelle urbanité - la Villeneuve à Grenoble -, Jean-François Augoyard, dans *Pas à pas*, montre combien ces conduites de cheminement sont multiples et variées, et surtout combien elles sont signifiantes. En définissant ce que pourrait être une *rhétorique cheminatoire*, il permet l'articulation entre l'espace vécu (le signifié) et l'espace parcouru (l'action signifiante). "Si les cheminements quotidiens sont une forme d'expression - et seule l'analyse rhétorique peut le confirmer - il faut patiemment relever les figures de cette rhétorique et les genres de combinaison qu'elles composent."¹⁴⁸

Ce lien entre les types d'espaces, la sociabilité ambiante, les modes d'attention et le cheminement fait l'objet de plus en plus d'études. Parmi les travaux fondateurs, il y a tous ceux du courant de l'école américaine de Palo Alto, *collège invisible*. Grégory Bateson en définissant ce qu'il nomme "une écologie de l'esprit", désigne par esprit **le système constitué du sujet et de son environnement** : "S'il y a de l'esprit, ce n'est ni à l'intérieur ni à l'extérieur, mais dans la circulation et le fonctionnement du système entier"¹⁴⁹. On trouve dans cette lignée de travaux ceux d'Erving Goffman de microsociologie des interactions dans les années 60 à 80. Il part du principe que les phénomènes sociaux relèvent moins de l'ordre social que de l'ordre de l'interaction¹⁵⁰. Plus récemment, dans le cadre des ambiances architecturales et urbaines, une thèse s'intéressant aux *conduites d'accès au milieu ambiant public*¹⁵¹, a été menée par Rachel Thomas. Elle définit plusieurs allures de déplacement : déambuler, noctambuler, traverser, piétiner, passer, fuir.

"Pour une archéologie de la post-modernité", in *Weitmar ou l'explosion de la modernité*, Anthropos, p. 9 in Ratouis Olivier (1995). "Le sens de la marche, dans les pas de Walter Benjamin", in *Les annales de la recherche urbaine*, n° 57-58, p. 73.

¹⁴⁸ Augoyard Jean-François (1979). Op. Cit., p. 28

¹⁴⁹ in Bateson Gregory (1977). *Vers une écologie de l'esprit*, Paris : Éd. du Seuil, coll. Points essais, p. 13 - Note du traducteur.

¹⁵⁰ Joseph Isaac (1998). *Erving Goffman et la microsociologie*, Paris : Éd. P.U.F., coll. Philosophies, p. 5.

¹⁵¹ Thomas Rachel (2000). *Ambiances publiques, mobilité, sociabilité. Approche interdisciplinaire de l'accessibilité piétonnière des villes*, Grenoble : Cresson, Thèse de Doctorat École Polytechnique de l'Université de Nantes, sous la direction de Jean-François Augoyard, p. 258.

Toutes ces études et de nombreuses autres de l'école de Palo Alto montrent que la kinesthésique, la gestualité, l'attitude, le cheminement, etc. ne sont pas que des mouvements et des déplacements afin de réaliser telle ou telle action, mais que dans tous ces actes, il y a aussi de la communication. Le tout définit une *grammaire de la vie quotidienne* selon Yves Winkin¹⁵².

Dans la continuité de l'école de Palo Alto, on trouve les études du courant de l'ethnométhodologie¹⁵³ anglo-saxonne. Prenons un exemple qui concerne notre sujet. Eric Livingston¹⁵⁴, un des fondateurs de ce courant, montre dans un article à partir d'une étude vidéographique comment le flot du trafic piétonnier s'organise avec des "pointes", des "fronts" et des "gens de tête" structurant ainsi à la fois l'ensemble du groupe et à la fois le mouvement de chacun comme une *activité ordinaire naturellement organisée*. Livingston précise bien que ce point de vue est celui d'une observation extérieure à l'action, et que pour un individu dans le flux, il n'est pas possible que ces éléments extérieurement apparents de figures puissent interagir comme tel dans le comportement.

Plus récemment, *Les Annales de la Recherche Urbaine* présentait dans un numéro de 1992 trois articles très intéressants sur les conduites de cheminement. Chacun, d'une manière différente mais qui se recoupe entre elles, explicite des liens entre les pratiques sociales et les espaces publics en s'appuyant principalement sur des observations de comportements collectifs.

¹⁵² Winkin Yves (1981). *La nouvelle communication*, (Textes recueillis et présentés par), Paris : Éd. du Seuil, coll. Essais, p. 92.

¹⁵³ "L'ethnométhodologie est un programme de recherche qui se propose d'aborder les phénomènes sociaux différemment des approches dominantes en sciences sociales. Il s'agit pour l'essentiel de revenir au concret, d'arriver, comme le disait Marcel Mauss, "à voir les choses sociales elles-mêmes comme elles sont", c'est-à-dire telles qu'elles émergent et s'organisent dans l'expérience des agents sociaux, sans préjuger de leur définition. Ce parti pris s'accompagne d'une réorientation de l'analyse : l'explication théorique cède la place à la simple description." in De Fornel Michel, Ogien Albert, Quéré Louis (2001) (sous la direction de). *L'ethnométhodologie. Une sociologie radicale. Colloque de Cerisy*. Paris : Éd. La Découverte et Syros, 4^{ème} de couverture.

¹⁵⁴ Livingston Eric (1987). "Pedestrian Traffic Flow", in *Making sense of ethnomethodology*, London : Éd. Routledge and Kegan Paul, pp. 21-27. À paraître en traduction française dans un recueil d'articles d'ethnométhodologie sous la direction de Jean-Paul Thibaud.

Le premier, celui de Michèle Jolé¹⁵⁵, montre comment, dans les transports en commun, les éléments du contexte physique peuvent être les supports d'une organisation sociale grâce à des *compétences ordinaires partagées*. Elle s'intéresse par exemple à la formation d'une file ou d'une grappe à l'attente d'un arrêt de bus. Elle y observe la façon dont on prend son tour dans une file d'attente et comment celle-ci s'organise. Chaque situation devient au bout d'un certain temps le résultat d'un ordre visible, d'un *ensemble d'arrangements de visibilité* définissant une catégorie signifiante et structurante pour presque tous. Sans forcément qu'il y en ait une définition claire, tout le monde s'accorde pour dire que telle organisation est une file, une grappe, etc. et lui donner son sens social pour lequel on sait agir en conséquence dans un contexte familier. On retrouve dans ces observations l'hypothèse que les mouvements sont perceptibles directement comme des actions avec des intentions signifiantes. C'est aussi ce que formule Pierre Livet dans ses différents ouvrages.

Le deuxième article, de Louis Quéré et de Dietrich Brezger¹⁵⁶, avec une démarche présentée comme relevant de l'éthnométhodologie, étudie comment - en public - tout individu est attentif à la présence de l'autre. Entre confiance et méfiance, une organisation du public s'organise alors par l'ensemble des modalités d'attention. Toute perception est une communication et une action par laquelle s'opère un ajustement des conduites. Cet ajustement généralement neutralise en quelque sorte l'autre pour éviter le conflit.

Enfin, le troisième article, de John R.E. Lee et de Rodney Watson¹⁵⁷, montre comme le précédent, comment les passants s'observent les uns les autres pour ajuster réciproquement leurs conduites. Mais en dehors de ces ajustements réciproques, il y aurait aussi pour la déambulation le relatif respect de codes en vigueur. Ces codes

¹⁵⁵ Jolé Michèle (1992). "Trouver une place, prendre son tour. À Manchester et à Paris" in *Les annales de la recherche urbaine*, décembre - mars, n° 57/58, pp. 82-88.

¹⁵⁶ Quéré Louis, Brezger Dietrich (1992). "L'étrangeté mutuelle des passants. Le mode de coexistence du public urbain" in *Les annales de la recherche urbaine*, décembre - mars, n° 57/58, pp. 89-100.

¹⁵⁷ Lee R.E. John, Watson Rodney (1992). "Regards et habitudes des passants. Les arrangements de visibilité de la locomotion" in *Les annales de la recherche urbaine*, décembre - mars, n° 57/58, pp. 101-109.

rendraient possibles et communes certaines attitudes individuelles et collectives, comme par exemples l'allure de marche, suivre une file, se mettre dans une queue, se doubler d'un même côté, garder une certaine distance selon le lieu et le public, etc. Ces codes implicites répondraient le plus souvent à une logique de l'économie du geste (une économie de la locomotion - voire d'un principe de moindre action) autant que d'une économie du conflit (économie du stress). Ces codes se révèlent principalement lorsque des comportements à contre-courant qui ne participent pas de cet arrangement général se manifestent.

1.1.2. La dynamique comme caractère implicite - rappel de la problématique et choix de la méthode de l'observation récurrente

On peut résumer en quelques points l'apport des études sur les conduites de cheminement évoquées précédemment. Cette énumération permet de poser les bases de notre problématique.

- Il n'y a pas une seule manière de cheminer un espace [cf. Walter Benjamin, Jean-François Augoyard, etc.] et il n'y a pas non plus de bonnes ou de mauvaises manières de cheminer l'espace.
- Penser l'espace en fonction du cheminement implique une posture éthique : quelle ville voulons-nous ? Quel(s) mode(s) de vie voulons-nous ? [cf. les prises de positions de Le Corbusier et de Louis Kahn].
- Les conduites de cheminement sont des formes d'expression [cf. Jean-François Augoyard].
- Il y a un lien entre des attitudes de cheminement, des types d'espaces et des modes de sociabilité observés [cf. Rachel Thomas].
- Le cheminement met en jeu des interactions et des modes d'attention réciproque [cf. Erving Goffman, Louis Quéré et de Dietrich Brezger, John R.E. Lee et de Rodney Watson, etc.].

- Cheminer c'est communiquer [cf. travaux de l'école de Palo Alto].
- Le cheminement en public relève de comportements collectifs par la mise en jeu de compétences ordinaires partagées [cf. Eric Livingston, Michèle Jolé, etc.]
- Ces comportements collectifs et les ajustements individuels sont en général visuellement identifiables comme des catégories signifiantes pour tous [cf. Michèle Jolé, Pierre Livet].
- Ces comportements collectifs ont des caractéristiques d'organisation remarquables et récurrentes [cf. Eric Livingston, Michèle Jolé, etc.]
- Les conduites de cheminement peuvent répondre à une économie de la locomotion, voire du principe de moindre action (cf. John R.E. Lee et de Rodney Watson).

Une grande partie des points ci-dessus relève de comportements ou d'organisations dynamiques. Aussi, **la question est bien de savoir précisément comment intégrer ces dimensions dynamiques dans l'analyse des conduites de cheminements et dans la conception de l'espace.**

Aborder les conduites de cheminement par la dynamique, ce serait, si on reprend le schéma général de cette thèse, mettre en place une méthode et des outils qui s'appuient sur les notions d'**expérience**, de **processus** et de **relation**.

Ce ne sont pas vraiment les comportements humains réels et complexes qui sont les objets de l'étude, mais plutôt les types de conduites en tant que phénomènes existants comme tels et par là même observables.

Hypothèse 1 : Les conduites de cheminement sont analysables en tant qu'entités descriptibles et porteuses de sens directement accessibles.

Nous montrerons, après les avoir fait réciter, qu'il est possible d'en effectuer des comptes rendus explicitant d'une part leur organisation et d'autre part leur

signification. On n'a pas affaire simplement à des mouvements, à des dynamiques, mais bien à des actions avec leurs intentions d'actions lisibles comme telles¹⁵⁸.

Dans ce cadre, l'observation *in situ* présentée dans la partie suivante vient corroborer ces hypothèses par sa méthode même (élaboration de comptes rendus) et par ses résultats (analyse des comptes rendus). Malgré tout, et c'est un point important, on peut considérer que la méthode de l'observation récurrente utilisée s'appuie elle aussi sur ces principes dynamiques. En effet, en partant d'observations vidéographiques "racontées", faisant appel à l'**expérience** de chacun, on utilise un procédé (la récurrence¹⁵⁹) puis une méthode d'analyse du corpus (*la table et les ciseaux*) qui sont des **processus** permettant de faire émerger des catégories où apparaissent clairement l'importance des **constructions dynamiques** à partir de **relations actives**.

1.2. Modéliser le cheminement

1.2.1. Des modèles sur le cheminement - bilan critique et mise en perspective

De nombreux modèles numériques s'intéressent aux conduites de cheminement. Souvent rassemblés sous le vocable de "**modèle de foule**", ils sont basés en général sur des principes différents que ceux qui régissent le système de modélisation

¹⁵⁸ "Vivre de façon compréhensive avec les participants d'une culture, c'est d'abord savoir interpréter les mouvements comme des actions et séparer les mouvements intentionnels de ceux qui ne le sont pas. C'est savoir intégrer des mouvements en actions et séparer les segmentations des actions, les rapporter à des plans ou des prototypes, etc. je soutiendrai que nous percevons directement les actions (et donc la différence entre mouvements intentionnels et non intentionnels). Plus exactement, nous ne pouvons pas nous empêcher de percevoir comme des actions certains mouvements." in Livet Pierre (2001), "Dynamiques ethnométhodologiques. De la perception des mouvements à la révision des interprétations", in Fornel De Michel, Ogien Albert, Quéré Louis (sous la direction de). *L'ethnométhodologie. Une sociologie radicale. Colloque de Cerisy*. Paris : Éd. La Découverte et Syros, pp. 430-431.

¹⁵⁹ On peut établir un rapprochement entre le principe de récurrence tel qu'il sera utilisé dans cette méthode d'analyse et **le principe de réentrance** tel qu'il est utilisé dans des systèmes dynamiques. La réentrance dans un système dynamique consiste à réinjecter dans le système dynamique le résultat qu'il vient de produire. Ce processus permet entre autres intérêts, de faire converger des systèmes vers des états "stabilisés".

physique de l'Acroe. On peut tout d'abord en faire un inventaire non exhaustif en présentant succinctement leurs caractéristiques, puis en dégager une tendance en regard à notre problématique.

a. Le modèle de Computer Graphics Lab

Sous la direction de Daniel Thalmann, un modèle de comportement de foule s'appuyant directement sur des aspects phénoménologiques a été développé¹⁶⁰. On peut dire que c'est un modèle logique et phénoménologique. Logique, parce qu'il utilise de nombreux algorithmes qui par des opérations issues de la logique (et, ou, non, si alors, etc.) résolvent des situations. Phénoménologique, parce que les situations qu'il résout sont des situations directement accessibles à nos sens comme catégorie. Par exemple, il y a des algorithmes de traitement des collisions et des évitements. Ainsi un évitement n'est pas réellement une dynamique émergente issue de causes qui se situent en amont aux phénomènes, mais d'une décision logique entre des comportements possibles et connus. Par exemple, s'il y a quelqu'un ou quelque chose devant, alors on regarde si un changement de direction est possible, si cela n'est pas possible, on regarde si le ralentissement est possible, ou l'arrêt, etc. On donne au modèle une panoplie à travers une base de données de comportements programmés parmi lesquels il choisit. Un des aspects - sur lequel on reviendra - est que dans ce type de modèle, certains comportements doivent être traités à part. C'est en particulier le cas des collisions. L'émergence de comportements imprévus se manifeste au niveau du groupe par des arrangements collectifs : formation d'un groupe, séparation, constitution de groupes... Mais on ne remarque pas à l'échelle de chaque individu la mise en place de comportements individuels particuliers : doubler, s'arrêter, ralentir, se cogner... Ce modèle est particulièrement avancé dans la qualité des rendus graphiques à tendance réaliste. Un des inconvénients de ce type de

¹⁶⁰ On peut de reporter au site Internet <http://ligwww.epfl.ch> ou aux deux articles suivants :

Musse S.R., Thalmann Daniel (1997). "A model of Human crowd Behavior : Group Iner-Relationship and Collision Detection Analysis", in *Eurographic Workshop on Animation and Simulation*.

Bandi Srikanth, Thalmann Daniel (1998). "The use of Space Discretization for Autonomus Virtual Humans", in *Actes du colloque Agents'98*, Éd. ACM Press, pp. 336-337.

modèle est qu'il nécessite de rentrer un nombre important de données comportementales qui sont des éléments de cognition.

b. Le modèle de la société ATN

La société ATN a développé un modèle assez proche du modèle précédent dans ces principes, mais peut-être plus générique : c'est un modèle multi-agents¹⁶¹. Se revendiquant des domaines de l'intelligence collective, de l'intelligence artificielle distribuée et de l'observation comportementale (ils utilisent aussi une base de données comportementales), ce modèle est très avancé pour simuler des comportements de mobiles dans un espace urbain. Il a été utilisé par exemple pour l'étude des foules dans la mezzanine de la Gare du Nord à Paris, pour la desserte du Grand Stade à Saint Denis (liaison entre la gare SNCF RER B et le stade), etc. Il s'agit d'un modèle qui effectue initialement une discrétisation de l'espace en damier sur lequel sont placés des agents fixes (murs, éléments de l'environnement...) et des agents mobiles (voitures, bus, piétons...). À ces agents mobiles correspondent des capacités élémentaires (faire un pas, tourner...), des actions élémentaires (aller vers un but...) et des règles de comportement (doubler plutôt par la gauche, ne pas se choquer si possible...). Le principe de fonctionnement est énoncé ainsi : la variable du piéton est un vecteur déterminant sa vitesse avec son module, son sens et sa direction. L'algorithme consiste alors à calculer le bon vecteur par rapport à l'environnement en lien avec une base de données comportementales (s'orienter, éviter, etc.). Il s'agit donc d'un modèle logique utilisant des règles de comportement d'un niveau à peu près identique au modèle précédent (s'orienter, éviter, etc.). Là encore, par exemple les collisions doivent être traitées comme une dynamique à part.

¹⁶¹ On peut se reporter aux articles très clairs suivants : Casanova Philippe, Buffard François, Caumartin Eric, Page Matthieu (1995). "Etudes par simulation des comportements de mobiles intelligents", in *T.E.C. (Transport Environnement Circulation)*, n°133, pp. 3-8.

Casanova Philippe, Caumartin Eric, Durand Stéphane (1997). "Comportements, flux et trafics : contribution à une nouvelle approche de l'organisation des déplacements et des espaces", Communication in *Congrès international ATEC* du 29/01/1997, 8 p.

Casanova Philippe, Durand Stéphane (1997). Apport de l'Intelligence Collective et des Systèmes Logiciels Distribués dans la Simulation de Flux de Mobiles, article distribué à une réunion du PREDIT, 18 décembre 1997, 8 p.

Les propriétés sont affectées directement aux agents et non aux interactions entre les agents. Sa grande adaptabilité à différents environnements urbains complexes semble être un des points forts de ce modèle.

c. Le modèle Kinema / Way

Le travail d'Éric Bouvier¹⁶² intégré dans le logiciel Kinema / Way aborde la simulation des foules par un modèle physique, nommé aussi "modèle particulaire". En se basant sur des masses ponctuelles reliées par des interactions de type attraction / répulsion, ce modèle est bien générateur de comportements à la fois individuels et collectifs. Il s'agit d'un modèle microscopique qui vise à générer et si possible à reproduire des phénomènes par des mécanismes situés en amont de ce que l'on observe. Il comporte d'autres éléments qui le situent non pas uniquement comme un modèle physique de particules élémentaires, mais comme un modèle mixte. Par exemple, le calcul des collisions est là encore traité à part. Il est effectué par la détermination de l'intersection de sphères. Il s'éloigne ici d'un modèle physique pour intégrer des décisions logiques et géométriques. Autre exemple, l'évitement est géré en modifiant d'une façon non directement physique les vecteurs vitesse aux instants précédant la collision détectée. **Cette anticipation maîtrisée** réintroduit encore dans le modèle une décision de nature *cognitive* rendant caduque, pour certains phénomènes, l'idée d'une émergence "pure". Il y a aussi dans le modèle l'introduction de règles d'arbitrage avec des niveaux de priorité. Ces règles sont le plus souvent basées sur des données statistiques, le niveau physique étant la priorité principale pour l'application des règles. À d'autres niveaux, on trouve entre autres exemples, l'arbitrage de la rencontre avec un obstacle et l'objectif qui est d'atteindre un but, la façon de sortir d'un endroit dont la densité est trop élevée (ou plus exactement qui serait déclarée trop élevée). Ce modèle a donné lieu à un logiciel commercialisé¹⁶³ dans le but principal de générer des mouvements de foules dans les films d'animations.

¹⁶² Bouvier Éric (1997). *Application des systèmes de particules à la simulation des mouvements de foule*, Thèse de doctorat de l'Université Paul Sabatier.

¹⁶³ Voir le site Internet : <http://www.ArSciMed.com>

d. Le modèle de l'Irisa

Sous la direction de Stéphane Donikian, l'Irisa a développé une plate-forme logicielle hybridant différents types de modèles et des outils de représentation afin d'obtenir *un modèle générique pour l'animation comportementale*¹⁶⁴. Ce projet s'appuie sur les différentes études en psychologie du comportement. Basé sur le principe d'une boucle : "perception - décision - action" qui gouvernerait les comportements, le modèle articule les différents "niveaux" correspondant à cette boucle en y rajoutant la nécessité de la présentation du résultat : "perception - décision - action - communication". Selon le niveau où se positionne le modèle, différentes notions sont convoquées :

- la notion d'interaction avec l'environnement est réalisée par une boucle composée d'effecteurs et de capteurs ;
- la théorie du contrôle par la notion de rétroaction qui amène à un ajustement de l'action en cours ;
- la nécessité d'avoir des processus cognitifs pour passer de la pensée à l'action ;
- la notion d'*offrandes* ("affordances") proposée par le courant dit écologie de la perception (J.J. Gibson).

Par l'usage de ses différentes notions, le modèle, qui est aussi un modèle multi-agents, n'appartient à aucune des catégories précédentes (modèle phénoménologique, logique, de particules élémentaires). Ils les hybrident dans cette boucle "perception - décision - action". Cette plate-forme ne s'applique pas uniquement à prédire le comportement des piétons, mais elle permet aussi de générer des dynamiques de

¹⁶⁴ Voir le site Internet : [http:// www.irisa.fr/siames](http://www.irisa.fr/siames) et les articles suivants :

Donikian Stéphane (1999). "Modélisation du conducteur et du piéton en milieu urbain", in *École thématique du CNRS - Modélisation de la ville 2*, Nantes, septembre 1999.

Donikian Stéphane (2001). "Towards more realistic Autonomous Agents", Rennes : *8^{ème} séminaire du groupe de travail Animation et simulation de l'AFIG et du GDR ALP*, 2-3 juillet.

mobiles mécaniques (voitures, tramway) et de les croiser ensemble pour arriver à définir une mobilité urbaine dans un système en interaction complète.

e. Et d'autres...

De nombreux autres travaux montrent un foisonnement de modèles qui permettent de rendre compte des comportements collectifs humains. On peut en citer rapidement quelques-uns en étant très loin de toute exhaustivité.

- Les simulations comportementales de l'Irit¹⁶⁵ qui développe un modèle génétique avec les opérateurs propres à la génétique comme les opérations de sélection, de croisement, de mutation, etc.
- D'autres travaux, comme ceux de Michel Bret à Paris VIII (ATI)¹⁶⁶ utilisent des modèles de type réseaux neuronaux.
- Et puis, pour conclure, on peut également présenter une approche d'une nature encore différente avec l'Enib¹⁶⁷. Ces travaux utilisent principalement la logique temporelle issue des travaux d'Allen¹⁶⁸ pour les comportements et l'exécution d'interactions entre agents. Ils proposent le concept d'agent comme des *objets actifs, autonomes et communicants*. L'usage de la logique temporelle se fait par des notions de validation, de preuve, d'intervalle temporel, etc. Il s'agit en fait du développement d'un langage d'actions par rapport à des logiques temporelles. Leur but est d'arriver à une interactivité en temps réel afin de permettre une possible immersion.

¹⁶⁵ Institut de Recherche en Informatique de Toulouse, UMR CNRS 5505. On peut consulter les travaux de l'équipe "Synthèse d'images" sur le site Internet : <http://www.irit.fr>.

¹⁶⁶ Art et Technologie de l'Image - <http://www-artweb.univ-paris8.fr/ati/accueilati.htm>

¹⁶⁷ Laboratoire Li2 à Brest, travaux de Ronan Querrec. On peut consulter les travaux sur le site Internet <http://www.enib.fr>

¹⁶⁸ Peter Allen, thermophysicien, a travaillé avec Ilya Prigogine à Bruxelles. Il a été un des premiers à développer des modèles d'auto-organisation pour comprendre l'évolution des villes.

1.2.2. Le recul des traitements logiques et cognitifs comme tendance évolutive et choix du modèle physique

Tous ces modèles visent bien à générer des phénomènes collectifs afin d'analyser les comportements et de prédire les différentes mobilités dans des espaces à venir.

Bien que presque tous puissent être regroupés sous le vocable de **modèle multi-agents**, ils relèvent d'hypothèses pragmatiques différentes de par la nature du modèle utilisé. Or, ces différences les rendent parfois porteurs d'hypothèses théoriques fortement opposées (catégorie comportementale, écologie de la perception, cognition, intelligence distribuée, etc.).

On voit que tous ces modèles subissent souvent des adaptations et des hybridations de techniques pour arriver à leurs fins, c'est-à-dire à la correspondance phénoménologique avec ce que l'on observe ou parfois avec l'idée de ce que l'on veut générer. Pour l'instant, nous faisons l'hypothèse que les modèles physiques de particules élémentaires sont prometteurs de par leur simplicité initiale et leur *générativité*, mais qu'ils n'ont pas été suffisamment expérimentés et qu'il est possible de repousser un peu plus l'introduction d'éléments logiques et d'étapes de cognition comportementale dans le cœur du modèle. Tout cela de manière à conserver, le plus loin possible et le plus longtemps possible, la notion de "comportements émergents".

Hypothèse 2 : le système de modélisation physique de l'Acroe permet de rendre compte des dynamiques des conduites de cheminement, ou tout au moins d'une partie de ses dynamiques.

Enfin, une des grandes différences entre la conception du modèle physique à l'Acroe et les modèles présentés précédemment touche un point fondamental : dans de nombreux modèles, on retrouve à un niveau ou à un autre une boucle "perception - décision - action" ; avec la conception de la modélisation physique de l'Acroe, cette boucle n'existe pas. Il n'y a pas un temps pour la perception, un autre pour une phase de décision et un dernier pour une action qui en résulterait. Puisque le calcul de l'interaction s'effectue au niveau de la liaison et non pas au niveau des particules (des masses ponctuelles pour le modèle physique), **toute perception est action et par là**

même communication. Dans ce système, la communication "élémentaire" n'est pas tournée vers l'extérieur, vers une présentation à nos sens, mais tournée vers les autres acteurs et les autres relations du modèle. Il est possible d'être un de ces acteurs, mais, dans ce cas, nous faisons partie du réseau, comme un autre de ses éléments. Le modèle simulé sera accessible à nos sens par une étape de représentation nécessitant un convertisseur numérique - analogique. Il s'agit alors d'un second niveau de communication.

De plus, il n'y a pas non plus de phase de décision. Hors les capteurs d'ouverture et les délais avant fermeture des portes automatiques du sas qui participent du modèle à venir, aucun traitement cognitif ou logique ne gouverne le modèle. Cependant, tout espace numérique est un espace discret fait de zéros et de uns. On peut au plus bas niveau considérer qu'il y a quand même une étape du genre "perception - action" ou plus exactement "action - réaction" et donc *in fine* un processus du type stimulus - réponse. Mais on est alors au niveau du calcul fréquentiel de chacune des interactions, niveau que l'on peut considérer comme infra cognitif (1050 Hz en général). De plus, le système est composé d'éléments "duaux", ce qui est produit par l'un est perçu par l'autre et réciproquement.

Ces particularités du modèle seront illustrées dans la troisième partie. Il s'agit maintenant de s'intéresser au dispositif *in situ* et de réciter les dynamiques qui s'y inscrivent.

2. Observations *in situ*

2.1. Objectifs de l'étude et choix d'un dispositif

L'idée initiale est d'analyser un dispositif architectural de petite taille dans lequel s'actualisent en permanence des dynamiques de différentes natures¹⁶⁹. Il fallait que celles-ci soient directement "observables" et qu'elles offrent un caractère répétitif et récurrent suffisant. Il était intéressant que le dispositif présente des caractéristiques relativement changeantes au niveau des ambiances. De plus, il fallait que cet espace mette en jeu des interactions de deux types :

- Individu / dispositif spatial,
- Individu / Individu.

L'objectif était d'étudier les conduites dans un espace construit et en lien avec lui. Il fallait donc un lieu dans lequel il y ait du mouvement, de l'action et que ceux-ci puissent être observés sans trop de difficultés. L'idée d'étudier un dispositif spatial et technique à l'échelle du corps humain limitait l'importance d'une étude embrassant un large contexte. Il faut un lieu qui soit public ou semi-public et dans lequel il y avait suffisamment de public, condition nécessaire à l'étude des conduites. Pour une

¹⁶⁹ Ce travail, ici résumé, a fait l'objet d'une des parties du D.E.A. Ambiances architecturales et Urbaines. Pour plus de détails sur cette étude, on peut donc s'y reporter. Tixier Nicolas (1997). *Apports de théories morphodynamiques à l'approche des ambiances construites*, Grenoble : mémoire de D.E.A. Ambiances architecturales et urbaines, sous la direction de Pascal Amphoux, Isitem - Cresson / Cerma.

modélisation future, il fallait aussi un espace qui n'offrait pas une trop grande complexité spatiale.

Le choix d'étudier un sas avec des portes automatiques dans un espace public a donc été motivé par les dynamiques spatiales, temporelles et les interactions qui s'actualisaient en permanence dans un tel dispositif. Tout y est effectivement en mouvement. Ainsi, l'objectif principal de cette observation vidéographique est la mise en évidence de dynamiques à partir des vidéogrammes, par la caractérisation des phénomènes émergents et des interactions notables ou décelables.

2.2. Présentation du dispositif

Le dispositif architectural étudié est un sas situé au bout d'une passerelle menant au centre commercial de Grand-Place à Grenoble Sud, au-dessus de la ligne de tramway. Il est très proche de l'École d'Architecture de Grenoble, proximité qui simplifie l'étude. Le sas est composé par un double système de portes automatiques¹⁷⁰ coulissantes. C'est ce dispositif technique, l'espace qu'il occupe et qui l'entoure, qui sont pris comme objet de notre étude. Long de trois mètres, il est le passage obligé entre un dedans, centre commercial en éclairage artificiel, et un dehors, passerelle aérienne partiellement couverte et translucide.



Figure 24 : Sas - de l'extérieur vers l'intérieur - [en janvier]

¹⁷⁰ On trouve la définition d'une porte automatique dans le Journal Officiel de la République Française (Arrêté du 21 décembre 1993) : "Une porte automatique pour piétons est une porte, normalement utilisée par les piétons, qui s'ouvre et se ferme automatiquement sans action volontaire des utilisateurs."



Figure 25 : Sas - de l'intérieur vers l'extérieur [en janvier]

Le sas est situé à l'intérieur de la galerie commerciale. Il possède deux doubles portes automatiques coulissantes. L'ouverture, en fonctionnement normal¹⁷¹, de chaque double porte (composée de deux vantaux coulissants) est commandée soit par la détection optique d'une présence (d'un côté ou de l'autre de la porte)¹⁷², soit par une résistance mécanique rencontrée par un des vantaux fermants du système¹⁷³. Les détecteurs sont situés au-dessus et au centre de la porte. Aucun automatisme ne lie l'ouverture ou la fermeture d'une des portes du sas en relation à l'autre. L'ouverture est totale une fois que le détecteur la déclenche, même en cas de recul de la personne.

En résumé, le sas est composé de deux portes automatiques anti-panique intégrales doubles¹⁷⁴, schématisées en plan ci-dessous (les numéros correspondent aux détecteurs de présence) :

¹⁷¹ À l'inverse, on entend par fonctionnement anormal, toute utilisation de la porte selon des modes exceptionnels : ouvertures battantes pour sorties de brancard par exemple, ou une ouverture manuelle en cas de panne de secteur. Il s'agit de dispositifs anti-panique assurant les fonctions vitales que doit offrir une porte comme l'ouverture et le verrouillage mécanique.

¹⁷² Cf. l'emplacement des détecteurs de présence sur le plan et la coupe pages suivantes.

¹⁷³ Il existe aussi un système d'arrêt à l'ouverture de la porte en cas de résistance mécanique, nommé "arrêt sur obstacle en ouverture" (Documentation Portalp Agences S.A.)

¹⁷⁴ On a une démonstration "involontaire" de l'utilisation des portes en fonctionnement anti-panique dans les vidéogrammes, séquences 6 et 7.

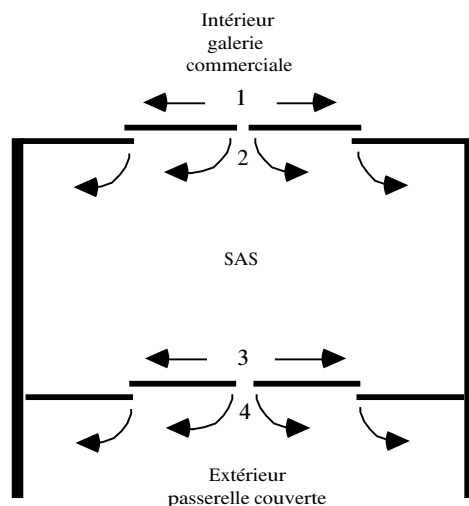


Figure 26 : Schéma de fonctionnement des portes automatiques

Les détecteurs de présence :

Le dispositif étant quelque peu ancien, il a subi de nombreuses modifications au cours des différentes réparations ou autres entretiens. C'est ainsi que sur les quatre détecteurs de présence, trois sont de différents modèles dans le mode même de détection. Ainsi, on trouve :

- **Détecteurs 1 et 2** : type "htg", radar à effet doppler, c'est un détecteur hyperfréquence de mouvement. Fréquence d'émission : 9,9 GHz. Portée réglable dans l'axe du radar : 5 mètres sur un piéton et 10 mètres sur un véhicule. L'effet porte donc en même temps sur la distance et sur la masse volumique de l'élément à détecter.
- **Détecteur 3** : type "RK 41", ce détecteur de mouvement réagit au passage de personnes, d'animaux, de véhicules ou à tout autre objet se déplaçant à une vitesse d'au moins 0,1 m/s dans la zone surveillée, ajustable. L'effet porte donc sur la vitesse de déplacement d'un élément.
- **Détecteur 4** : type "PIR 30", détecteur de mouvement par système passif à infrarouge. Le détecteur réagit à tous les mouvements supérieurs à 0,1 m/s accompagnés d'une différence de température de +/- 2°C (sensibilité) par rapport à la température ambiante habituelle. L'effet porte donc à la fois sur la vitesse de déplacement d'un élément et sur une variation de température.

Le sas en verre, espace intermédiaire, **seuil entre un dedans et un dehors**, possède des qualités sensibles provenant de ses extérieurs et des qualités sensibles qui lui sont propres. Boîte dans la boîte, cet espace est inclus dans le couloir de la galerie. Petit et plus bas de plafond, il possède un sol différent, son propre chauffage, sa propre climatisation, son propre éclairage... À demi-fermé par les battants latéraux du sas (en général fixes), on peut, architecturalement, parler d'un espace géométriquement délimité possédant des qualités sensibles différentes des espaces qu'il sépare. Une annexe [5] présente plus en détail les caractéristiques¹⁷⁵ du système en interrogeant la législation de ce type de dispositif en rapport aux notions de confort.

¹⁷⁵ Une étude quantitative et qualitative des dimensions acoustique, lumineuse, thermique et aéraulique du sas a été réalisée. On peut se reporter si besoin au mémoire de DEA pour en avoir les résultats.

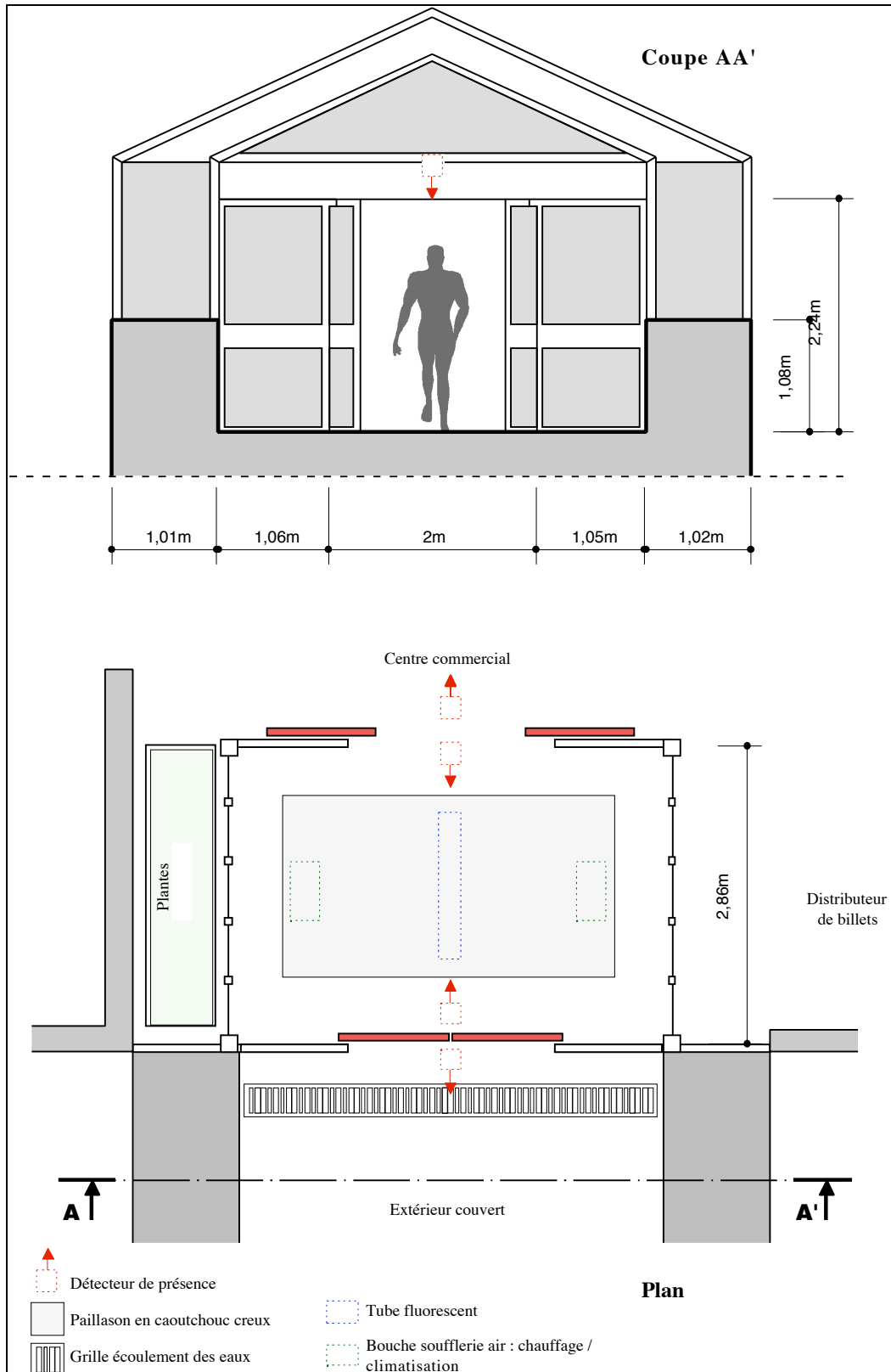


Figure 27 : Coupe et plan du dispositif

2.3. Principe méthodologique : *l'observation récurrente*

La méthode qui servira à l'étude des conduites de cheminement est décrite selon le schéma suivant. L'organisation de sa présentation suit cette logique.

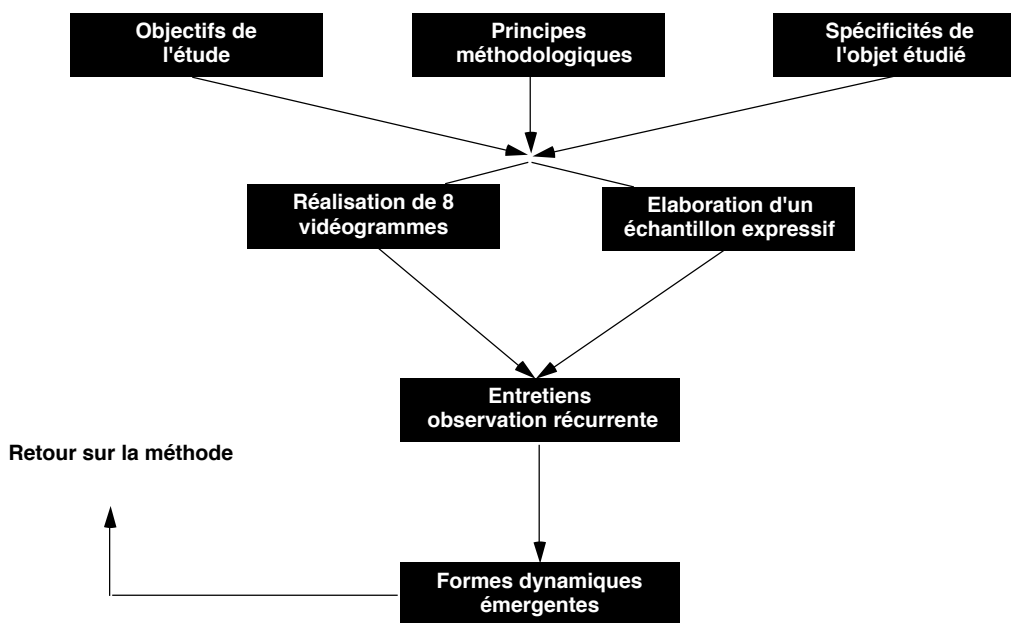


Figure 28 : Schéma général / Observation *in situ*

2.3.1. Principes méthodologiques

La méthode principale avec laquelle les conduites de cheminement sont étudiées s'inspire des travaux¹⁷⁶ de Pascal Amphoux en utilisant sa "technique de l'observation récurrente".

Ses fondements, accompagnés d'un exemple extrait d'une l'étude lausannoise sur les parcs et jardins, sont expliqués dans l'article "L'observation récurrente"¹⁷⁷. C'est sur ces principes que notre méthode se fonde. La visée finale en sera quelque peu

¹⁷⁶ Amphoux Pascal (1994). *Parcs et promenade pour habiter. Douze monographies lausannoises*, IREC / EPFL, Lausanne, Tome 2 : cassette vidéo, Recherche IREC n°121, 1994.

¹⁷⁷ Amphoux Pascal (2001). "L'observation récurrente", in *L'espace urbain en méthodes*, sous la direction de Michèle Grosjean et de Jean-Paul Thibaud, Marseille : Éd. Parenthèses, pp. 153-169. Les passages entre guillemets dans le début de cette partie, sauf indication contraire, sont tous issus de cet article.

différente, puisqu'elle se dirige plus explicitement vers les phénomènes d'interactions émergents dans les conduites, s'éloignant d'une qualification plus "ambientale" ou identitaire des espaces urbains¹⁷⁸.

Ses principes sont les suivants :

Objectif : "...nous cherchons à révéler et à comprendre des comportements ordinaires, le plus souvent inaperçus".

Moyens : "...en soumettant des documents photos ou vidéographiques de situations urbaines choisies à l'interprétation de spécialistes de disciplines différentes ou à des habitants du lieu, tout en les faisant réagir sur les commentaires ou interprétations de ceux qui les ont précédés." À la suite de quoi, nous procéderons à un recouplement et à un ressaisissement des différents corpus de description pour essayer de comprendre les principaux phénomènes émergents.

En cela, cette approche de nature qualitative est intrinsèquement "indirecte, interprétative et cumulative".

2.3.2. Réalisation de huit vidéogrammes

a. Prises de vue

L'observation récurrente nécessite donc une phase de constitution d'un corpus vidéographique. Le premier choix qui se pose concerne les mouvements de caméra. De par la disposition du sas dans un couloir assez large, deux possibilités radicalement opposées semblent s'imposer :

- le plan fixe,
- le travelling avant en caméra subjective.

¹⁷⁸ Le vidéogramme lausannois correspondant le mieux à notre "échelle" d'étude serait celui qui, par montage, représente les différentes utilisations d'un banc public au cours d'une journée.

Simuler le trajet d'une personne par un mouvement de caméra traversant le sas ne fournit pas, à la projection, les meilleures conditions pour l'observation des interactions. Mais, pour un travail plus orienté sur l'évocation, ce type de mouvement pourrait rendre compte du vécu de la traversée.

C'est donc le plan fixe qui a été choisi, offrant les avantages suivants :

- Le repérage des occurrences dans les interactions est facilité lors de la projection.
- L'immobilité de la caméra rend relativement "neutre" sa présence, ainsi que celle du vidéaste.
- Les problèmes de lumière sont limités à un réglage initial avec quelques corrections minimales lorsque la luminosité extérieure varie. Il n'est pas aisé de maîtriser l'éclairage lorsque l'on passe d'un intérieur à un extérieur en contre-jour¹⁷⁹ sans utiliser des projecteurs de lumière artificielle.
- Facilité technique : pas de mouvement de caméra.

Le second choix concerne la position de la caméra par rapport au sas : dehors sur la passerelle ou dedans dans le centre commercial ? L'avantage d'être à l'extérieur est que l'on évite le problème du contre-jour mais par contre, d'autres, beaucoup plus délicats, apparaissent :

- l'espace est plus étroit et la caméra peut gêner le passage des gens, tout en entraînant un danger pour le matériel ;
- il n'y a rien pour masquer légèrement la caméra ;
- le contre-jour permet de rendre un peu d'anonymat aux personnes filmées ;

¹⁷⁹ Les mesures indicatives réalisées indiquent un facteur compris de 300 à 1 000 entre l'intérieur et l'extérieur (par beau temps avec un soleil haut, vers midi, nous avons 100 lux avant le sas, 550 lux dedans et 75 000 lux dehors !).

C'est donc à l'intérieur que la caméra sera placée, contre le mur juste après la Fnac, derrière le poteau d'une affiche publicitaire vantant des appareils photos. Le fait d'être devant un magasin de photo et de vidéo, aide à rendre relativement inaperçue une caméra sur pied.

Le cadrage choisi englobe l'intégralité du sas, le couloir dans son ensemble avec le distributeur de billets, et suffisamment d'espace avant le sas pour avoir le début des mouvements. Il n'était bien sûr pas possible de se mettre dans l'axe du sas¹⁸⁰ sans provoquer une modification importante des conduites.

La mise au point est faite au niveau de la première porte du sas¹⁸¹.

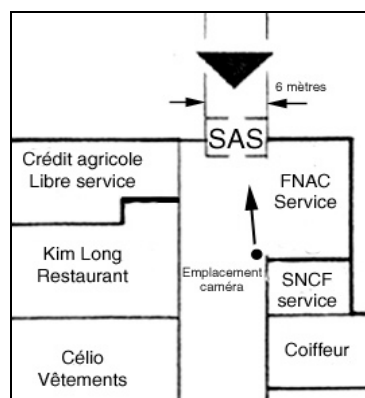


Figure 29 : Emplacement de la caméra et disposition des magasins

b. Déroulement technique

Date : Mercredi 11 juin 1997. **Météo** : soleil, parfois légèrement couvert, pas de vent.

Caméra : vidéo S-VHS, K7 : S-VHS-C durée 45 minutes.

Cassettes (1 à 5) 10h25 à 14h15. Soit un total de 3h45. Le tout est monté par la suite bout à bout sur cassette VHS.

¹⁸⁰ Encore que... Une caméra de sécurité est cachée dans le plafond. Elle offre, dans l'axe du sas, une vue plongeante très intéressante pour décrire par un tracé, qui peut être alors très précis, les trajectoires lors des croisements, des évitements... Il nous a été impossible d'avoir accès à ces images.

¹⁸¹ Par la suite, lorsque nous parlerons de la première porte du sas, il s'agira toujours de la première par rapport à la caméra, donc, celle de l'intérieur.

Le mercredi permet d'avoir à la fois le centre commercial avec son activité "classique" de semaine, tout en ayant une part plus importante d'enfants que les autres jours. Le samedi est, lui, plus particulier quant au type de clientèle et à son nombre.

L'horaire de 10h25 à 14h15 permet l'observation de périodes calmes et de périodes plus animées - comme le repas - offrant ainsi une grande diversité quant aux entrées et sorties des usagers.

En général, la caméra n'est pas remarquée, ou alors c'est bien en dehors du temps de franchissement des portes, n'affectant presque jamais la démarche et les réactions des passants au niveau de l'espace étudié.

c. Rushs et sélection

Le visionnage s'est effectué trois fois, dans les conditions futures de projection pour les entretiens et sur du matériel de vidéo projection : le grand écran permettait d'être attentif aussi bien aux détails qu'à l'ensemble.

1^{ère} vision : découverte du film et réflexions sur la manière d'en extraire le contenu.

2^{ème} vision : description par inventaire automatique.

Exemple (les lettres entre parenthèses indiquent les cassettes concernées, donnant une indication sur le nombre d'occurrences de chaque événement répertorié) :

- Regarder sa montre (K7 A, A, B...)
- Enfant qui attend devant la porte (K7 A, B, B, C...)
- Traversée de la foule (K7 A, A, A...)
- etc...

Il s'en suit une première classification de travail :

- le geste en rapport au passage dehors / dedans,
- l'arrêt,
- la locomotion ou autres "ustensiles" de traînage,

- l'allure,
- les interactions homme / dispositif,
- les interactions homme / homme,
- les situations générales et prolongées,
- les collisions à venir,
- le respect du sens de circulation (droite),
- les pannes.

3^{ème} vision : repérage sur cet inventaire des moments représentatifs dans la classification précédente.

4^{ème} vision : sélection, par repérage, des séquences regroupant ces moments représentatifs ainsi que de séquences plus "neutres".

La diversité et la représentativité des séquences sélectionnées étaient de première importance : séquences sans interaction remarquable (au sens extraordinaire), séquences avec des pannes, séquences avec des arrêts, séquences avec des mobilités différentes, etc... Il fallait, d'autre part, qu'elles soient assez courtes, pour ne pas alourdir les entretiens.

d. Montage

Le montage s'est effectué à l'École d'Architecture de Grenoble au Laboratoire vidéo. La table de montage autorise à travailler en S-VHS, ce qui permet de garder une assez bonne qualité d'image. Les cassettes fournies avec ce mémoire sont au format VHS en standard PAL, perdant un peu de sa qualité initiale.

Repérage des séquences grâce à un numéro : Chaque séquence est précédée d'un intertitre indiquant son numéro. Il offre les avantages de permettre, par un arrêt sur image lors de la projection, une temporisation entre chaque séquence, de toujours bien savoir de quelle séquence on traite (certains passages étant, bien entendu, très ressemblants) et de pouvoir ainsi les nommer.

Absence de son : La question de mettre ou non du son se pose... En faut-il ? Le son direct enregistré par le micro de la caméra se trouve sur la bande vidéo. Le garder ne

donne pas satisfaction. Certes il rend compte de l'ambiance (cette fois-ci au sens d'atmosphère) presque caricaturale du centre commercial, mais le micro étant éloigné des portes, de multiples phénomènes d'ubiquités et de distorsions apparaissent, ajoutant à la séquence du sens qui n'a souvent rien à voir avec la scène se déroulant au niveau des portes automatiques. Par contre, en caméra subjective, il aurait été nécessaire de le garder. Le sujet d'étude étant les interactions, il aurait peut-être fallu mettre un micro en parallèle au niveau de l'entrée du sas (côté intérieur). Cet ajout aurait sans doute permis une meilleure qualification des interactions avec la dimension dynamique - ici très importante - du sonore. Une autre solution, inopportune ici, est de sonoriser la bande par une prise de son de type "ambientale". Ou encore plus simplement, ne pas mettre de son.

Ordre des séquences : Il s'avère intéressant de commencer par les séquences les plus anodines pour finir par les événements plus exceptionnels¹⁸². Cette organisation des séquences permet parfois aux gens, lors des entretiens, de réagir d'abord sur un fonctionnement normal, d'émettre des hypothèses, et lorsqu'un incident arrive¹⁸³ de vérifier si celles-ci se confirment ou non¹⁸⁴.

Séquence spéciale : La dernière séquence [8] est la seule à faire l'objet d'une modification : elle est accélérée. Elle dure 1 minute 30 pour 8 minutes 30 réelles (soit 5,5 fois plus vite). Cette vitesse permet d'avoir une assez bonne vision des flux et des déplacements individuels, sans pour autant s'arrêter aux personnages en particulier. Elle est réalisée sur un banc de montage numérique (toujours pour une question de qualité d'image). Cette vitesse correspond à peu près à celle à laquelle on est habitué lors d'une avance rapide sur magnétoscope : ce qui justifie son choix.

Délimitation des séquences : Un des choix les plus importants du montage est la question du début et de la fin de chaque séquence. Le fait même de nommer ces

¹⁸² Mais qu'est-ce qui est exceptionnel ?... Les portes sont tombées en panne huit fois en quatre heures !

¹⁸³ Le passage en accéléré de la dernière séquence doit lui aussi être considéré comme un événement par le participant.

¹⁸⁴ On retrouve ici l'idée qu'Annie Luciani émet lors de son entretien : "Ce qui serait intéressant, c'est de mettre des perturbateurs et de voir ce que cela fait."

vidéogrammes des "séquences", rend intrinsèque¹⁸⁵ cette notion de fin et de début, contrairement à d'autres termes comme "extraits" ou "morceaux" par exemple.

Lors des séquences "à événement", on a choisi de démarrer quelques secondes avant l'incident (la panne, les gens qui s'arrêtent dans le sas...), d'avoir son déroulement dans son intégralité, puis son dénouement (la réparation, les gens qui repartent...), en laissant ensuite quelques secondes de fonctionnement en mode "normal". Ce parti pris résout quelques problèmes quant à la dimension narrative des séquences, qui de ce fait ont des durées fort différentes (de 26 secondes à plus de 3 minutes pour l'incident le plus long). Mais il ne permet pas de faire un choix précis de l'image de début et de fin. Lorsque cela est possible, les séquences commencent et finissent par une scène vidée de passants. Mais qu'en est-il alors de l'état d'ouverture ou de fermeture des portes ? Lors du montage, les moments précis des coupures ont parfois été choisis sous un angle purement esthétique : toujours en avance image par image, il y a un moment où on a l'impression que "là ça finit mieux !". En réalité, cette notion de séquence, voire presque de scène, est constamment apparue dans les entretiens, démontrant l'importance de cette question sur les choix initiaux. *Il n'y a pas de représentation innocente*. Cette expérience permet de renforcer l'hypothèse de Pascal Amphoux qui prétend dans son article que "la valeur heuristique de la séquence est renforcée par la cohésion formelle de la séquence." Certaines séquences se trouvent avoir une véritable dimension narrative : elles transforment alors la configuration spatiale du sas et de son pourtour en une "scène de théâtre". Ces choix initiaux ne sont pas les mêmes dans toutes les séquences. Ces différences de traitement ont permis aux enquêtés de révéler les dimension proprement scénique de certaines séquences¹⁸⁶.

¹⁸⁵ SÉQUENCE : n.f. - ...3 • (1925) Suite de plans filmés constituant **une scène, une unité narrative ou esthétique**. *Tourner une séquence. Plan-séquence...* in *Le Nouveau Petit Robert* (1996). Op. Cit., p. 2076.

¹⁸⁶ Un tableau est consacré à la notion de scène et de séquence en "2.4.1 Principes dégagés et dynamiques émergentes".

e. Difficultés pratiques rencontrées

En dehors de la maîtrise du matériel, le plus gros problème est d'obtenir l'autorisation de filmer dans l'espace public (ici semi-public). De plus, une fois que celle-ci est obtenue, tout doit être réalisé en une journée, durée de l'autorisation. De manière plus technique, un des points délicats est la variation de l'intensité lumineuse à l'extérieur. Elle nécessite des corrections régulières du réglage pour éviter d'avoir un contre jour absorbant complètement, par la lumière blanche, les portes au premier plan. Par rebond, un des avantages de ce contre-jour, lorsqu'il n'y a pas surexposition, est qu'il permet, lors de la projection, de rester focalisé sur des portes automatiques plutôt que sur les différents événements qui peuvent se dérouler en arrière-plan sur la passerelle. La dernière difficulté vient du fait que n'étant pas sur secteur, il faut changer les batteries du caméscope assez régulièrement ainsi que les cassettes toutes les 45 minutes, sans modification du cadrage. Cela nécessite une proximité et une attention constantes du vidéaste.

2.3.3. Élaboration d'un "échantillon expressif"

"L'échantillon, enfin, n'est pas représentatif, au sens statistique du terme ; on pourrait par contre le dire expressif, au sens où c'est le maximum d'expressivité qui est recherché : le principe même de l'objectivation par récurrence reposant en effet sur la *diversité a priori des regards portés sur le vidéogramme*, celle-ci constitue le critère de choix dominant des personnes sollicitées."

Il y a eu 16 participants pour 12 entretiens. Certains entretiens étaient collectifs. Ils ne réunissaient alors que des personnes se connaissant et qui répondaient à un même critère déterminant leur présence (même "profession" par exemple pour les doctorantes du Cresson ou les administratives de l'École d'Architecture...).

a. Spectre socio-professionnel

Il était intéressant d'avoir des personnes pouvant réagir sur le dispositif même des portes (le responsable de la société qui a conçu, installé et qui s'occupe maintenant du suivi et de la maintenance des portes automatiques à Grand-Place, un

informaticien), sur les interactions (deux sociologues, une psychologue), sur les ambiances (deux doctorantes du Cresson) et l'espace (un architecte), enfin sur la notion de dynamique (deux universitaires : Annie Luciani de l'Acroe et Jacques Lambert, philosophe travaillant sur histoire des formes à l'Université Grenoble II en collaboration avec Alain Boutot¹⁸⁷).

b. Spectre en fonction de la connaissance du lieu

Là aussi, il était nécessaire d'avoir des gens ayant un degré de connaissance et de pratique du lieu très différent.

L'échantillon des enquêtés a permis d'avoir un commerçant travaillant à 5 mètres du sas comme serveur dans le restaurant asiatique au niveau du comptoir donnant sur l'allée (et intervenant quotidiennement sur les portes pour les remettre en place...), trois administratives de l'École d'Architecture pratiquant ce lieu quasiment tous les jours, jusqu'à des "citadines" ne passant que très rarement par ici, etc.

On retrouve, mais de façon croisée, cette diversité des pratiques de ce lieu pour les personnes répondant aux critères socioprofessionnels.

¹⁸⁷ Boutot Alain (1993). *L'invention des formes*, Op. Cit. Ce livre récapitule différentes approches morphogénétiques : des Catastrophes de Thom aux structures dissipatives de Prigogine, des fractales de Mandelbrot aux structures chaotiques... C'est lui qui, n'étant plus à Grenoble, a permis le contact avec Jacques Lambert.

N°	Dénomination	Age Sexe	Date - durée	Compétence requise	Rapport au lieu
1	N	36 - M	02/07/97 - 30'	Commerçant	Travail au restaurant asiatique depuis 6 ans (à droite en entrant avec comptoir sur l'allée)
3	CMC SF	36 - F 26 - F	02/07/97 - 30'	Doctorantes Cresson	Bonne connaissance du lieu
2	CB	27 - M	03/07/97 - 90'	Sociologue DEA ambiances	Bonne connaissance du lieu
4	S C	21 - F 25 - F	03/07/97 - 40'	"citadines"	Quasiment aucune connaissance du lieu
5	FN	28 - F	03/07/97 - 30'	Psychologue	Bonne connaissance du lieu
6	GP	32 - M	03/07/97 - 55'	Informaticien	Quasi aucune connaissance du lieu
7	F	27 - M	03/07/97 - 35'	Architecte	Bonne connaissance du lieu
8	TJP	? - M	04/07/97 - 60'	Sociologue et urbaniste	Bonne connaissance du lieu
9	M1 M2 M3	37 - F 36 - F 47 - F	04/07/97 - 40'	ATOS administration de l'École d'architecture	Très bonne connaissance du lieu (fréquentation jusqu'à 4 fois par jour)
10	LJ	? - M	09/07/97 - 50'	Philosophe Histoire des formes (U2)	Aucune connaissance du lieu
11	CA	45 - M	10/07/97 - 80'	Directeur agence Portalp (automatismes d'ouverture)	Société qui fabrique, installe et assure la maintenance des portes automatiques de Grand-Place
12	LA	? - F	11/07/97 - 50'	Co-directrice de l'Acroe - Recherche scientifique et artistique	Faible connaissance du lieu

Figure 30 : Tableau des participants aux entretiens (la numérotation correspond à l'ordre de passage des entretiens)

2.3.4. Entretiens

Les entretiens se sont déroulés du 2 au 11 juillet 1997.

a. Disposition et déroulement technique

L'utilisation d'un magnétoscope impose une contrainte assez forte pour la localisation des entretiens qui ne peuvent se faire *in situ* et donc la nécessité de fixer des rendez-vous. Les entretiens ont eu lieu au Cresson avec l'utilisation d'un Barco (la projection s'effectue sur un écran d'environ 3 m²) - excepté l'entretien réalisé avec Annie Luciani, qui s'est déroulé dans les locaux de l'Acroe, sur un téléviseur.

Chaque participant a devant lui une feuille de papier sur laquelle il peut faire des schémas, même grossiers, pour expliquer ce qu'il veut dire, cela lui est indiqué au départ. La télécommande lui est fournie, ainsi que l'explication des cartons entre

chaque séquence permettant, s'il le désire, de faire une pause, ou d'utiliser celle-ci pour revenir en arrière, s'arrêter sur une image précise, etc.

b. Déroulement des entretiens

Au début des entretiens, il convient d'expliquer à chaque participant le cadre de cette recherche : *Il s'agit d'une étude sur les phénomènes d'ambiances qui s'articulent autour, dans et avec les portes automatiques. Le choix du site est celui de Grand-Place, etc.*

Puis ce que l'on attend d'eux : *Au début il est important que vous décriviez tout ce que vous voyez, que vous notiez tout ce qui vous paraît remarquable. Puis après cette phase de description, essayez de remarquer ce qui revient, se vérifie ou ne se vérifie pas... n'hésitez pas à parler de ce qui vous paraît le plus banal, le plus ordinaire.*

Lors de l'entretien, l'enquêteur relance systématiquement le discours pour obtenir le plus de précisions possibles sur ce qui vient d'être énoncé ou pour indiquer une piste, une interrogation en rapport à ce qu'il vient de dire et en fonction des anciens entretiens. On retrouve sur ce corpus le principe de récurrence, principalement dans cette relance perpétuelle beaucoup plus que dans le questionnement qui permet de revenir sur ce que quelqu'un a dit. Les participants abordent souvent d'eux-mêmes des sujets déjà présents dans les autres entretiens. Ce principe de récurrence n'a pas été mené complètement. L'analyse est plus le résultat d'un travail croisant dans une étape postérieure les différents entretiens que la résultante de l'application du principe de récurrence au fur et à mesure des entretiens.

La seule grande difficulté rencontrée vient du fait que certaines personnes, n'utilisant pas la télécommande, n'avaient pas accès à certains détails concernant les interactions (gestes, regards...). Forcer leur attention sur ces points s'avère assez décevant (une tentative a été réalisée) et comporte des risques méthodologiques.

La durée des entretiens varie entre 30 et 90 minutes. Certaines personnes étaient assez pressées, croyant avoir "tout dit". Il aurait été intéressant de prendre plus de temps avec certains pour pousser plus loin leurs remarques.

c. Prise de notes

La prise de notes se fait au fur et à mesure du déroulement des entretiens. Il ne s'est pas avéré utile de passer par des enregistrements puis des retranscriptions. Pour un travail plus fin sur les expressions exactes et les intonations, cet enregistrement devient nécessaire. L'avantage de la prise de note est qu'elle permet un traitement plus rapide après chaque entretien et ainsi de réinjecter l'analyse dans l'entretien suivant. Travailler sur vidéo, offre à tout moment de faire une pause dans les séquences, voire de revenir en arrière, permettant aussi à l'enquêteur de faire ralentir la personne, et surtout d'obtenir des précisions sur les différents points abordés.

Sont donc transcrits :

- les réactions, commentaires et interprétations le plus fidèlement possible ;
- les schémas réalisés par les participants ;
- entre parenthèses, quelques notes de l'enquêteur permettant de mieux comprendre ou de mieux situer les commentaires de la personne.

Le déroulement de chaque entretien peut être reconstitué par les notes indiquant s'il s'agit de la première, de la deuxième ou de la troisième vision, les numéros des séquences lorsque les commentaires s'y appliquent directement, l'utilisation ou non de la télécommande par l'enquêteur ou l'enquêté, les parties commentées une fois le magnétoscope éteint.

d. Difficultés rencontrées

Une des difficultés matérielles provient du fait que le magnétoscope n'étant pas situé sous l'écran, l'utilisation de la télécommande devient moins naturelle, puisqu'il faut la diriger quasiment derrière soi et à droite par rapport à l'écran. Cette gêne allait jusqu'à l'abandon de l'utilisation de la télécommande par beaucoup de participants qui pourtant au départ souhaitent l'utiliser. Le nombre de touches et la subtile différence entre pause et arrêt qui n'enclenche pas le même mode pour le retour en arrière suivant (avec image ou sans image) parachevait leur agacement et scellait

l'abandon définitif de la télécommande pour beaucoup. Les entretiens collectifs, eux, posaient le problème de savoir qui utilisait la télécommande et quand l'utiliser. Pour ces multiples raisons, les arrêts sur les annonces des séquences étaient souvent réalisés par l'enquêteur au cours de la deuxième projection, permettant aussi les relances de l'entretien.

Pour éviter ces "inégalités" quant à l'action sur la projection, il suffirait de piloter le magnétoscope par un joystick (ou un disque, une molette de positionnement), permettant plus naturellement l'arrêt, le retour en arrière, le réglage de la vitesse de défilement grâce à une interaction directe entre le geste et l'image visionnée. Une autre solution serait de mettre le tout en numérique pour une projection permettant l'usage de la souris pour les manipulations. Ces deux solutions ont depuis été testées dans une autre recherche. Elles donnent effectivement meilleure satisfaction.

Enfin, la retranscription des schémas pose problème. Ceux-ci, en effet, dessinés, par les personnes interviewées, prennent sens accompagnés de leurs explications orales. Plus encore, ces schémas se précisent en permanence dans le temps, tout comme le phénomène dynamique censé être expliqué. Le mode de représentation s'ajuste par le geste au phénomène. Les retranscriptions jointes ne rendent que peu compte de cela. Les schémas les plus intéressants et les plus explicites étant souvent les plus illisibles à la fin de l'explication !

2.4. Analyse des conduites de cheminement

Cette partie est en trois points. Dans un premier temps, nous présenterons la phase d'analyse des corpus en lien avec les objectifs de cette étude et les problèmes rencontrés ; puis les huit tableaux synthétisant l'analyse, comme autant de suggestions pouvant servir d'appuis à une phase de modélisation ; enfin un retour réflexif sur la méthode par rapport à l'utilisation qui en a été faite et aux résultats obtenus.

2.4.1. Récurrence, choix et difficultés

L'objectif principal de cette approche de terrain est l'étude des conduites de cheminement en relation avec un dispositif architectural grâce aux trois outils mis en place : les observations *in situ*, le travail vidéographique (le film de 4 heures et les 8 vidéogrammes) et les entretiens selon le principe de récurrence.

L'objectif secondaire est que cette étude serve à dégager des apports pour une phase de modélisation.

Malgré les intérêts parfois évidents que les différents éléments dégagés présentent - avec une forte occurrence pour certains - dans les entretiens et les observations, des points ne seront que peu abordés afin de rester focaliser sur les intentions initiales, c'est-à-dire les conduites de cheminement comme phénomène collectif. On peut tout de même en recenser certains, qui apparaissent clairement, soit lors des entretiens, soit lors de l'analyse qui s'en suit.

- le geste en rapport au passage dedans / dehors
- le geste en rapport à l'automatisme des portes
- la question de l'intérêt fonctionnel du sas
- le discours rapportant à l'automatisme et la logique du fonctionnement des portes (synchronisme...)
- le discours se rapportant à une connaissance du lieu
- l'imaginaire associé à cet espace et au dispositif
- les détériorations et l'entretien des portes
- le système anti-panique
- l'appel de la lumière, les reflets
- l'influence du sol
- etc.

Ce concept de récurrence génère une parole polyglotte pour un grand nombre de phénomènes observés. Associé, pour l'analyse, à une méthode de réorganisation des

données¹⁸⁸, il permet de dégager huit pistes qui toutes ont un rapport étroit avec la notion de forme dynamique¹⁸⁹, ou plus exactement de dynamique.

Avant de détailler ces huit pistes d'analyse ayant un rapport avec la notion de dynamique, il est important de noter que celles-ci procèdent d'un découpage délicat. Les interactions mettent en participation active, simultanément et à tout instant tous les éléments. Ces éléments qui s'actualisent les uns les autres, et simultanément, sont très éloignés d'une relation causale de type stimulus-réponse. Ils interagissent ensemble et en "temps réel". Aussi, l'impression est souvent que l'"on ne sait pas trop qui commande qui et comment" (9)¹⁹⁰.

2.4.2. Principes dégagés et dynamiques émergentes

"L'important n'est pas de dire que les objets de ma microsociologie - usages, arrangements, procédures - sont déterminés ou déterminants, mais qu'ils sont constamment émergent."¹⁹¹

¹⁸⁸ Les étapes de l'analyse ne sont pas insérées dans ce mémoire. Elles sont effectuées selon la méthode de "la table et les ciseaux" décrite par Yves Chalas. Cette technique est décrite très en détail dans le chapitre III sur les ambiances sonores dans la partie concernant l'étude *in situ*. Avec la récurrence et la classification issues de cette méthode, on s'aperçoit de la présence d'une richesse des résultats plus vaste que juste les éléments que nous en tirons.

¹⁸⁹ À chaque fois qu'est utilisée l'association "forme dynamique", se pose la question de la justesse du terme employé. Il semble que, parfois, l'utilisation de "figure" rende mieux compte du phénomène dynamique émergent. La question reste en suspens. Afin à la fois d'é luder un peu la question à ce niveau et à la fois de ne pas s'enfermer avec ce terme, on peut tout simplement utiliser le terme de dynamique non pas comme un adjectif qui viendrait qualifier une forme ou une figure, mais comme l'essence même de ce que l'on observe : une "dynamique". En nommant sans plus de qualificatif quelque chose "une dynamique", on n'est pas plus précis qu'en nommant une autre chose par "une forme", mais on est, il me semble, moins large et moins flou qu'avec l'association "forme dynamique".

¹⁹⁰ Le numéro entre parenthèse est le numéro de l'entretien auquel se rattache le passage entre guillemets. Cette convention sera gardée pour l'ensemble des tableaux.

¹⁹¹ Joseph Isaac (1998). *Erving Goffman et la microsociologie*, Paris : Éd. P.U.F., coll. Philosophies, p. 8.

Selon une idée semblable, Deleuze propose de dire l'événement et non plus l'essence : "les concepts ont plusieurs aspects possibles. On s'en est longtemps servi pour déterminer ce qu'une chose est (essence). Au contraire, nous nous intéressons aux circonstances d'une chose : dans quels cas, où et quand, comment, etc. ? Pour nous le concept doit dire l'événement et non plus l'essence." in Deleuze Gilles (1990). *Pourparlers. 1972-1990*, Paris : Éd. de Minuit, pp. 39-40.

Les huit tableaux ci-dessous n'appartiennent pas à un registre précis. Il ne s'agit pas seulement de faire une liste, à condition que cela soit possible, des causes déterminantes, ni même des causes efficientes. Il s'agit encore moins de descriptions monographiques d'effets, de phénomènes. Il ne s'agit pas non plus vraiment de figures types, représentatives et bien nommées. Il ne s'agit pas simplement de principes, qui de façons rigoureuses et sans faille s'appliqueraient, etc. En fait, il s'agit un peu de tout cela à la fois : **il s'agit d'émergences, il s'agit de dynamiques, il s'agit d'événement**¹⁹².

L'émergence est au niveau des dynamiques que l'on observe. Quand elles sont suffisamment récurrentes pour être relevées, quand elles ont des caractéristiques qui les unissent et qui nous font les unir. C'est-à-dire que ces caractéristiques sont autant inhérentes aux phénomènes dans leur construction qu'à notre observation qui les construisent comme phénomènes. C'est particulièrement le cas des deux derniers tableaux, celui à propos des dynamiques du seuil (Janus) et celui à propos des dynamiques de mise en scène.

Mais l'émergence est présente aussi dans les principes qui se dégagent de ces observations. Il y a émergence à deux niveaux. Le premier de ces niveaux provient de l'observation elle-même. Par exemple, lorsqu'une personne dit "c'est comme s'il y

¹⁹² "On ne dit de l'événement ni qu'il est ni qu'il n'est pas, mais seulement qu'il arrive ou survient, c'est-à-dire apparaît en disparaissant, naît et meurt dans le même instant." Vladimir Jankélévitch cité in Romano Claude (1998). *L'événement et le monde*, Op. Cit., p. 7.

Il est difficile de donner une définition de ce qu'est un événement, car sa nature n'est pas d'être mais d'advenir. La question est alors de savoir ce qui fait événement. Deleuze fait la proposition de trois composantes :

- La première composante ou condition de l'événement : l'extension. "Il y a extension lorsqu'un élément s'étend sur les suivants, de telle manière, qu'il est un tout, et les suivants, ses parties." (par exemples une vibration, une onde lumineuse, etc.)
- La deuxième composante dit que les événements ont des propriétés intrinsèques : "par exemple, hauteur, intensité, timbre d'un son, ou teinte, valeur, saturation de la couleur". Propriétés qui sont "des intentions, des intensités, des degrés", et qui apparaissent comme des seuils à la conscience.
- La troisième composante est l'individu. Nous sommes des éléments qui appréhendent le donné, devenant le "*datum*". La préhension est l'unité individuelle de l'événement. "Il y a toujours quelque chose de psychique dans l'événement."

In Deleuze Gilles (1988). *Le pli. Leibniz et le baroque*, Paris : Éd. de Minuits, pp. 105-106.

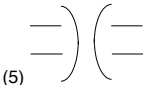
avait un volume autour d'eux", l'observateur est en train de faire émerger un principe, celui du volume psychophysique, hypothèse qu'il pourra éprouver sur les autres vidéogrammes et même *in situ*, plus tard. À un second niveau, la méthode de *la table et des ciseaux* permet de faire émerger les tableaux et donc, en quelque sorte, les résultats de l'analyse. Il reste à bien les identifier puis à les nommer¹⁹³.

Principe émergent : l'élasticité		
Idée générale : Les personnes d'un même groupe ou par couple, ont comme des liens élastiques entres eux. Ces liens s'étirent ou se contractent constamment en fonction des événements et des intentions des individus.		
Déclinaisons	Extraits des entretiens	Observations, commentaires
Deux personnes	"Être deux, attraction particulière avec des liens élastiques..." (12)	Avec la notion d'élasticité, on a sans doute un paramètre d'ordre physique pour une modélisation.
Groupe de plus de deux personnes	"Dans la séquence 1, il y a des groupes par bloc. Ce qui est bien, c'est que les portes restent ouvertes pour l'ensemble du groupe. Quand je dis groupe, je dis gens espacés de moins de trois mètres." (6) "Il y a un autre phénomène, il y a le groupe de personnes, apparemment ils n'étaient pas ensemble, mais ils sortent ensemble." (7) "Il y a un obstacle devant nous, on le traverse, on attend comme si c'était un feu rouge. Ça crée des groupes de passage." (7)	La notion de groupe est associée tantôt à un ensemble de personnes qui se connaissent, tantôt au fait que des gens se retrouvent avec d'autres dans une certaine configuration faisant dire qu'il y a un groupe. Lorsque des gens sont associés à un groupe alors qu'ils ne se connaissent pas, la notion d'élasticité se justifie moins. C'est une notion plus formelle qui intervient - on peut faire parti d'un groupe temporairement, pour une action (marcher dans la foule en suivant des gens qui fraye lent chemin) - mais l'élastique sera cassé dès que l'action se termine.
<p>Synthèse : Au niveau du sas, une figure apparaît de façon récurrente (cf. dessin, on pourrait en dessiner d'autres du même type) :</p> <p>Elle consiste lorsque l'on est deux à se mettre en file indienne le temps du passage de la zone étroite, ou alors pour laisser passer quelqu'un à qui on cède la priorité, ou encore pour effectuer un ajustement mutuel.</p> <p>La notion d'élasticité fournit sans doute un concept de base pour la modélisation des interactions - elle intervient dans les questions de priorité, dans les processus coopératifs, dans l'idée du volume psychopercéptif, et sans doute dans l'impression de flux.</p>		

¹⁹³ Cette dernière remarque pointe une difficulté de vocabulaire. En effet il est pour l'instant difficile de trouver des dénominations parfaitement cohérentes pour l'ensemble des tableaux. Les tableaux sont ici présentés selon des "niveaux de description". Au début on a plutôt les tableaux qui relèvent de principes sous-jacents aux phénomènes, puis après, ceux qui relèvent des interactions, suivent ensuite les dynamiques particulières et observables, pour conclure sur des observations concernant l'ensemble de la scène ou de la séquence.

Principe émergent : le volume psychophysique

Idée générale : Il s'agit d'un principe semblable à celui développé par E. T. Hall dans son livre "La dimension cachée". L'idée est que nous aurions une **zone proximale** autour de nous dans laquelle tout passage peut-être vécu comme une intrusion. Ce "volume" varie en fonction des individus et de leur attitude, des cultures, mais aussi des lieux (on accepte d'être collé à quelqu'un que l'on ne connaît pas dans un ascenseur, mais pas dans la rue). Mais ce rapport varie aussi beaucoup en fonction de l'autre personne en face, du degré de connaissance que l'on a de la personne, de son appartenance à un type ou à un autre (jeune, vieux, loubard...) - Ce principe, dans notre dispositif, peut s'incarner selon cinq déclinaisons.

Déclinaisons	Extraits des entretiens	Observations, commentaires
Volume psychophysique de l'individu	<p>"Et puis c'est un lieu de rapprochement (elle parle de E. T. Hall), comme dans un ascenseur, la distance est violée, mais on a le droit. Les gens ne sont pas choqués, dès qu'ils sont passés, ils s'éloignent les uns des autres." (5)</p> <p>"Ça fait très goulet d'étranglement quand même. Quand je dis goulet, ça fait comme ça."</p>  <p>(5)</p> <p>"Taille de la personne : encombrement psychologique, c'est assez élastique, on maintient une distance personnelle, on se touche par moment et on se fait petit. Phénomène de compression / décompression." (12)</p>	<p>L'idée du volume psychophysique intervient dans tous les cas de croisements et d'ajustements.</p> <p>A ce titre, cette notion sera abordée aussi dans le tableau suivant, puisque ce "volume" joue un rôle dans la notion de priorité.</p> <p>Cette notion rejoint aussi celle de l'élasticité entre deux corps, puisque comme le dit Annie LUCIANI, il y a un phénomène de compression / décompression à l'intérieur du sas.</p>
Volume psychophysique du groupe	<p>"Quand le groupe est passé, ils ont pris tout le passage, pas de recherche de la droite ou de la gauche pour eux." (3)</p> <p>"Quand je dis groupe, je dis gens espacés de moins de 3 mètres" (6)</p>	<p>Il reste à étudier la somme des volumes des personnes du groupe, par rapport au volume du groupe proprement dit. Sans doute en cas de groupe, c'est le volume du groupe qui prime sur les volumes plus individuels.</p>
Volume psychophysique pour un encombrement	<p>"Les gens avec des artifices semblent moins freinés." (12)</p>	<p>On rejoint sans doute aussi la notion de priorité par politesse, par courtoisie.</p>
Volume psychophysique du moyen de locomotion	<p>"Ben les poussettes imposent la priorité" (3)</p> <p>"Une dame vient de côté et apparemment elle a déjà vu que des dames arrivent avec des poussettes. Elle passe devant et se retourne pour voir si elle a bien le temps de passer avant" (8)</p>	<p>La question se pose pour tous les moyens de locomotion : vélo, chaise roulante, rollers... et les "objets" que l'on "tire" : chariot, chien, etc.</p> <p>Cette déclinaison et la précédente sont quasiment du même ordre.</p>
Volume psychophysique des portes automatiques	<p>"Moi, ça me semble bizarre que quelqu'un s'arrête pour faire ça et ose toucher cette porte" (3)</p> <p>"Ils ont pas PEUR que la porte se referme ! Moi je fais gaffe devant une porte automatique" (4)</p> <p>"Les gens ne la touchent pas, ne l'ouvrent pas plus, la contournent, n'agissent pas sur l'ouverture." (12)</p>	<p>Comme une personne, la porte a son propre volume psychophysique (comme un mur en crépi qui nous garde à une certaine distance). On passera plutôt au milieu pour le déclenchement de la cellule, mais aussi pour ne pas prendre de risque avec une fermeture de porte.</p> <p>Seuls les enfants vont toucher les portes par jeu. Dans ce cas le processus est inversé, on a plutôt un effet d'attraction.</p>

Synthèse : Ce principe de volume psychophysique fonctionne sur le rapport aux distances, plutôt que sur les distances absolues. Les paramètres sont tout d'abord physiques : on a bien un volume réel, une morphologie propre, (et se faire rentrer dedans n'est pas vraiment naturel) avec un volume de débattement gestuel. Ce volume peut se modifier en fonction de la personne d'en face, par un ajustement corporel : on peut se mettre de biais, se faire plus petit... Ces paramètres sont à la fois d'ordre psychologique et culturel. Le "volume" dépend du type de rapport que l'on se dit avoir, ou que l'on se donne avec l'autre (et cela dans un ajustement réciproque). Ce "volume" pourrait se réduire pour l'étude des portes automatiques à un disque plus ou moins élastique, en plan. Puisque les interactions qui en découlent s'actualisent principalement dans un changement de trajectoire et dans des phénomènes de compression / décompression.

Dynamiques des priorités / Priorités des dynamiques

Idée générale : Le principe est de lister toutes les hypothèses qui ont été faites d'après les observations autour de la notion de priorité. Qui, de soi ou de l'autre, a priorité si l'on ne peut pas passer à deux ? En observation, on ne remarque que très rarement des conflits de priorité alors qu'ils se posent implicitement et constamment au niveau de l'entrée ou de la sortie du sas.

Déclinaisons	Extraits des entretiens	Observations, commentaires
Droite / gauche	<p>"Il y a quand même un sens de circulation gauche droite." (1)</p> <p>"Quelqu'un a bifurqué sur sa droite pour laisser passer les gens, il s'est un petit peu arrêté et puis il est reparti sur la gauche." (3)</p> <p>"Les gens arrivent du guichet pour prendre la porte, ils ont fait carrément un tour pour reprendre la droite de l'autre côté. La personne qui arrive en face ne s'est pas arrêtée, comme si c'était normal, comme si elle avait la priorité." (3)</p> <p>"C'était toujours ceux qui rentraient à gauche et sortaient à droite, quand ils sont seuls ils prennent le milieu de la porte." (4)</p> <p>"T'as raison, il y a un respect de la droite, comme si c'était automatique." (4)</p> <p>"Et puis quand il y a plusieurs personnes, hop, ils se mettent droite - gauche." (4)</p> <p>"Celui qui vient par la gauche à plus de difficultés à passer, c'est normal, il est à contresens." (4)</p> <p>"en rapide, on voit très bien ce phénomène droite gauche." (4)</p> <p>"pour doubler, bien entendu, on double en se déportant sur la gauche, je me demande ce que feraient les Anglais... Même quand il y a un obstacle, les gens contournent et reprennent leur droite. C'est juste un incident de parcours, ils reprennent leur but initial." (5)</p>	<p>C'est l'occurrence qui revient la plus souvent dans les commentaires lors des entretiens. Une personne a même fait la remarque quasiment au début du film.</p> <p>Même si la trajectoire doit être énormément modifiée, on va se mettre à droite plutôt qu'à gauche pour croiser une personne - identiquement, on double par la gauche.</p> <p>Quand une personne passe par la gauche, en général elle génère des interactions conflictuelles. C'est le dérèglement qui révèle la règle.</p> <p>Cette règle est sans doute culturelle, comme beaucoup l'on fait remarquer, il serait intéressant de savoir comment ça se passe chez les Anglais.</p>
Celui qui est le plus engagé dans le sas	<p>"alors qu'en fait et c'est plus significatif, elle n'était pas complètement engagée : elle était au début du sas." (3)</p> <p>"On dirait que ceux qui sortent du sas d'un côté comme de l'autre ont une espèce de priorité par rapport à ceux qui rentrent." (3)</p> <p>"Les portes se sont coincées. L'ouverture devenant étroite, les gens sont obligés d'attendre que les autres soient sortis. Les gens se laissent passer mutuellement en fonction de celui qui est le plus engagé. Ils passent en file indienne." (5)</p> <p>"Priorité à ceux qui sont dedans" (11)</p>	<p>Un peu la même idée que dans les bus ou une voiture, il faut d'abord laisser sortir les gens pour pouvoir rentrer.</p> <p>(on retrouve le principe énoncé plus bas de celui qui est le premier arrivé)</p> <p>Antériorité d'occupation</p>
Celui qui a le plus fort volume psycho-physique	<p>"surtout qu'en général, les personnes qui sont deux ont une sorte de priorité, car elles sont beaucoup moins mobiles. Domination par rapport au volume qu'elles font les deux, mais là, ça ne se vérifie pas du tout." (3)</p> <p>"Bon les poussettes imposent la priorité." (3)</p> <p>"On dirait que celle qui est arrivée du dehors a forcé le passage à ceux qui étaient déjà dans le sas, alors qu'ils arrivaient en même temps." (3)</p> <p>"La personne qui passe se positionne sur la droite pour ne pas buter contre le groupe, une fois le groupe passé, la personne reprend une position centrale, comme si il y avait une norme implicite, comme si pour passer une porte, cela se faisait au centre." (8)</p>	<p>(en fonction de toutes les distinctions vues dans le tableau précédemment)</p>

Celui qui marche le plus droit en regard à une logique de trajectoire commune	"La personne a supposé que le nouvel arrivant continuerait à aller tout droit, et que ce n'était pas à lui de modifier son parcours. Il y a eu une sorte de compréhension tacite, évitant la collision par l'évitement. Est-ce que les gens qui viennent tout droit sont en situation de priorité ?" (8)	
Celui qui va le plus vite - ou le premier arrivé	"En tout cas avec la porte à demi fermée on peut se demander qui a la priorité, celui qui arrive en premier ?" (7)	Est-ce que la porte modifie le rythme de marche des gens ? A-t-on des réactions d'accélération pour déclencher les portes en premier et donc se donner la priorité.
Courtoisie	"Les gens qui arrivent sur la gauche se mettent sur la droite pour laisser passer alors qu'ils pourraient aller au plus proche. Lui, il est courtois." (4) "On ne voit pas des gens qui s'arrêtent, à la rigueur ils ralentissent, galants, ils laissent passer les femmes. Mais pas de scène où quelqu'un s'arrête." (10)	Des études auraient été faites sur le croisement d'un homme et d'une femme dans la rue. Et c'est l'homme, par une attitude d'ajustement corporel de style "inclinaison du corps sur le côté pour tenir moins de place" fait le "geste" le plus conséquent. On rejoint par là l'idée de volume psychophysique variable en fonction du rapport à l'autre.
<p>Synthèse : En fait, toutes ces règles de priorité sont actives en même temps. Elles s'actualisent ou non en fonction de paramètres de type physique, comme la proximité, le volume, la vitesse, la direction... Mais elles s'actualisent aussi par des règles de type culturel, comme être dans le sas est prioritaire, la courtoisie, le volume psychophysique...</p> <p>C'est autant les logiques de priorités qui régissent les dynamiques que les dynamiques qui induisent des logiques de priorités.</p>		

Dynamiques des processus coopératifs

Idée générale : Le principe est qu'on observe des interactions entre personnes, qui sont de nature coopérative. On peut distinguer deux sortes de processus coopératifs, les premiers qui correspondent à l'implication volontaire des actants, et les seconds qui sont des actions coopératives quasiment involontaires de la part d'un des actant au moins.

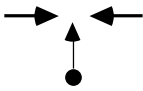

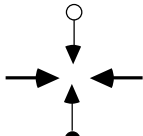
Déclinaisons	Extraits des entretiens	Observations, commentaires
<p>Explicite</p> <p>Déclencher l'ouverture volontairement pour le passage de l'autre</p>	<p>"La dame qui arrive derrière profite de l'ouverture de la porte, je pense que c'est la mère et la fille, contrairement aux gens côte à côte qui se connaissent, là ils se suivent. Là c'est la présence de quelqu'un d'autre qui fait que la porte nous est ouverte. Il y a coopération ici." (8)</p>	<p>Dans la vidéo, c'est bien la petite fille qui court pour déclencher l'ouverture de la porte - sa mère suit et "en profite".</p>
<p>Explicite</p> <p>Tenir la porte et la passer à quelqu'un d'autre</p>	<p>"(Richard White : observations de portes dans le métro de New York). Si on a affaire à des personnes espacées dans le temps, il y a une énergie renouvelée à chaque fois. Sinon, on a l'impression que les passants se passent la porte mécanique, ici électronique, manuelle dans le métro." (8)</p>	<p>Sorte de "chaîne" qui se forme entre les gens, formant un lieu dans le passage, un changement de rythme dans la vitesse ou dans la gestuelle. Cela empêche que le passage soit syncope.</p> <p>Cette figure apparaît lorsque le dispositif est en panne et que les gens utilisent les portes sur le côté.</p>
<p>Explicite</p> <p>Les ajustements corporels et de trajectoire</p>	<p>"On voit mieux les évitements, ils dévient un peu leur trajectoire quand d'autres arrivent en face." (4)</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>"L'ouverture des portes permet déjà le croisement même s'il faut faire un geste corporel, il y a la possibilité de passer à deux voire à trois, comme là avec l'exemple du garçon." (8)</p> <p>"Deux personnes viennent complètement du guichet à gauche. La dame lève la tête et là quelqu'un vient en face et pour l'éviter elle est obligée d'aller de l'autre côté, du côté droit de la porte. Elle fait un espèce d'arc de cercle plutôt que de couper au plus court pour éviter le monsieur qui vient en face. La personne a supposé que le nouvel arrivant continuerait à aller tout droit et que ce n'était pas à lui de modifier son parcours. il y a eu une sorte de compréhension tacite, évitant la collision par l'évitement." (8)</p> <p>"La dame de gauche avec le landau déporte le landau sur le côté droit et les gens en face font de même, il y a un AJUSTEMENT RÉCIPROQUE." (8)</p>	<p>Les ajustements corporels mettent en jeu principalement la notion de volume psychophysique et les questions de priorité.</p>
<p>Involontaire / involontaire</p> <p>Profiter du passage de l'autre</p>	<p>"C'est assez marrant, il y a une sorte de jeu de portes, c'est rare quand les deux sont fermées en même temps. On dirait que les gens arrivent exprès pour que les portes ne se ferment pas." (3)</p> <p>"Cet incident ne doit pas être visible par les gens car comme ils arrivent, ils doivent penser que c'est eux qui la déclenche." (3)</p> <p>"La femme et son enfant profitent de l'ouverture de la dame précédente pour rentrer. On peut faire l'hypothèse que c'est la présence de la femme d'avant qui a fait l'ouverture (Richard White : observations de portes dans le métro de New York). Si on a affaire à des personnes espacées dans le temps, il y a une énergie renouvelée à chaque fois. Sinon, on a l'impression que les passants se passent la porte mécanique, ici électronique, manuelle dans le métro." (8)</p> <p>"L'une derrière l'autre, système de préséance, de coopération, c'est l'ouverture et la fermeture des portes qui établissent un lien entre les personnes qui se succèdent." (8)</p>	<p>Par le système de fonctionnement du dispositif, on rejoint l'idée de forme dynamique finie. Puisque là, la porte ouverte est la trace d'une action antérieure. Action que l'on n'a pas forcément vue (selon les délais de fermeture, ou l'inattention de la personne) mais qui participe de manière coopérative à notre passage.</p>

<p>Involontaire / volontaire</p> <p>Profiter du passage de l'autre pour se donner la priorité</p>	<p>"La première porte est restée bloquée, et laisse un passage étroit pour une personne. Les gens passent à la queue <i>leuleu</i> et se laissent passer avec une certaine priorité pour les gens qui rentrent dans le bâtiment." (6)</p> <p>"Les gens adoptent ce système, comme un consensus, comme si on adoptait la réaction de celui de devant, l'étonnement diminue et puis on se sent à l'aise, apparemment ils sont <i>cools</i>." (7)</p> <p>"L'effet petit train" (12)</p>	<p>On rejoint ici les notions de priorité du premier tableau.</p>
<p>Involontaire / volontaire</p> <p>Profiter du passage de l'autre pour savoir ou passer</p>	<p>"Image du labyrinthe un peu, et les gens n'ont pas l'air déroutés. Les gens s'adaptent très vite, il n'y a pas d'hésitation. Quand les gens arrivent sur l'obstacle, on reprend le chemin utilisé par la personne qui vient de passer, personne n'est très étonné." (10)</p>	<p>Ici, on rejoint l'idée d'écoulement ou de flux. Quand le flux passe quelque part, on le suit presque automatiquement.</p>
<p>Synthèse : Le terme de processus coopératif est employé dans un sens un peu trop générique ici. Sans doute, des phénomènes comme l'utilisation du passage d'une personne, ou même les ajustements corporels, pourraient s'inscrire dans un autre registre. Registre que l'on pourrait aller chercher chez Michel de Certeau¹⁹⁴ par exemple, où avec ses "arts de faire", il précise à propos de la ruse les notions de stratégie ou de tactique.</p>		

¹⁹⁴ De Certeau Michel (1990). *L'invention du quotidien. 1 arts de faire*, Paris. Éd. Gallimard, coll. folio essais [1ère édition 1980].

Dynamiques d'anticipation

Idée générale : Alors que tout prédit le choc, on ne fait rien pour l'éviter. C'est parce que l'on sait, parce que l'on croit, que le dispositif va s'ouvrir (il est bien programmé pour, d'autres viennent de passer par là, etc.) et que la personne en face de moi procédera à un ajustement réciproque fonction des réactions de l'autre.

Déclinaisons	Extraits des entretiens	Observations, commentaires
	<p>"La dame n'a pas pris un temps d'arrêt, elle fixait la porte droit devant elle." (3)</p> <p>"Quand la porte est fermée, en général, ils n'arrivent pas comme des fous." (3)</p> <p>"Certaines personnes pensent que ça va s'ouvrir, ils tracent comme s'il n'y en avait pas." (4)</p> <p>"(accélééré) On a l'impression qu'ils vont tous se prendre les portes." (5)</p> <p>"Le pas ne ralentit pas, elle sait parfaitement que la porte va s'ouvrir." (9)</p> <p>"T'en as pas qui se font couper en deux ?" (9)</p>	<p>Il n'y a que très peu de changement de trajectoire et de vitesse, alors même que les portes sont en train de se refermer. Le choc est quasiment inévitable si les portes ne se re-ouvrent pas.</p> <p>On retrouve deux notions assez fortes, celle de l'écoulement, où là, le conflit potentiel viendrait empêcher le flux de s'écouler et la notion de forme dynamique en cours d'action. Si elle continue sa logique dynamique il y aura choc, il faut donc bien "croire" en l'ouverture de la porte pour ne pas freiner.</p>
	<p>"Il n'y a pas de conflit vraiment, même si c'est dans les dernières minutes qu'il y a changement de direction." (2)</p>	<p>On est habitué à ce que la personne en face et soi même ajustent mutuellement la trajectoire sans entraîner des conflits.</p>
	<p>"On dirait, en accéléré, qu'on voit les risques, tout se joue à quelques centimètres." (3)</p>	<p>Souvent dans la vidéo, on a l'image de ce double choc à venir, entre les portes qui se ferment et une personne qui arrive.</p> <p>On aurait pu dessiner une flèche retour aussi, puisque quand les portes sont en train de se refermer, elle réfléchissent notre image, obstacle virtuel sur lequel on se rapproche inexorablement. (ce point est soulevé dans l'entretien n°2)</p>

Synthèse : Il y a bien cette idée de croyance en l'ouverture, puisque à l'utilisation et à la vision du film, s'oppose simultanément l'idée du choc à venir et celle du déclenchement de l'ouverture permettant d'éviter le choc et de ne pas avoir à ralentir.

Pour les ajustements corporels et de trajectoires, il y a bien aussi cette idée de croyance au système coopératif qui fait que l'autre s'ajustera bien en fonction de moi, et que moi réciproquement j'agis en conséquence de ce qu'il fait, et ce constamment.

On peut au lieu de croyance parler d'anticipation, de confiance et même de prédétermination.

Les dynamiques d'anticipation et d'ajustement (tableau suivant) sont assez semblables. L'anticipation inclut l'idée d'un temps "avant" l'événement plus long que celui de l'ajustement qui, lui, se fait "au dernier moment". Erving Goffman a proposé un concept sur lequel peut s'appuyer l'anticipation : le "scanning" :

"La maniabilité des règles d'écoulement et de dépassement repose sur deux processus importants pour l'organisation de la vie publique : l'extériorisation et le balayage visuel (scanning)"¹⁹⁵.

"La zone de balayage visuel n'est donc pas un cercle mais un ovale allongé, étroit sur les côtés et dont la plus grande longueur est vers l'avant, dont la surface change constamment selon la densité de la circulation environnante"¹⁹⁶.

¹⁹⁵ Goffman Erving (1973). *La mise en scène de la vie quotidienne. 2. Les relations en public*, Paris : Éd. de Minuit & E. Goffman, p. 26.

¹⁹⁶ Goffman Erving (1973). *La mise en scène de la vie quotidienne. 2. Les relations en public*, Op. Cit., pp. 27-28.

Dynamiques d'ajustements

Idée générale : description des petits ajustements corporels et de trajectoire que l'on observe quand les gens sont confrontés à l'ouverture des portes.

Déclinaisons	Extraits des entretiens	Observations, commentaires
L'axe central	<p>"Quand ils sont seuls ou à deux ils passent au milieu, aussi parce que au milieu on est sûr que l'œilleton va faire ouvrir la porte. Et puis t'as toujours plus d'espace, par exemple, la dame, elle vient en travers et elle regagne le milieu." (4)</p> <p>"Elle n'a pas la trouille, elle vient de la gauche, et elle revient vers le milieu et s'arrête à droite. C'est à cause de l'infrarouge qui commande la porte, elle n'a pas eu peur, elle connaît le lieu. En plus avec le berceau, c'est débile. L'œilleton est là au milieu, mais je crois qu'il n'y en a pas sur les côtés, je ne sais pas car elle ne s'ouvre pas tout le temps quand on arrive sur le côté." (4)</p>	La recherche de l'axe central procède sans doute d'un double intérêt. Le premier étant d'éviter la re-fermeture de la porte ou de pouvoir passer alors qu'elle est en train de s'ouvrir. Le second intérêt incline vers un processus coopératif homme machine, où par la recherche de la zone la plus probable de déclenchement, on aide, et par là même on s'aide, la machine à faire son travail. On participe au travail de la machine.
Le pas sur le côté	<p>"Donc elle arrive devant la porte qui est fermée et elle va un tout petit peu plus vite que l'ouverture de la porte, elle a un pas d'hésitation, un pas vers la droite, déviation de son parcours, balancement sur la droite juste avant que la porte s'ouvre." (8)</p> <p>"Balancement des corps vers l'avant quand les portes se ferment : elles se déportent, pas sur le côté, on ne s'arrête pas de marcher, mais pour réduire la vitesse de rapprochement on fait un pas sur le côté." (8)</p>	On gagne du temps pour le déclenchement des portes non pas en modifiant sa vitesse, mais en rallongeant son parcours.
Le pas en arrière	<p>"Moi, des fois je dois reculer pour passer sur la cellule." (9)</p>	On rejoint l'idée de la recherche de la zone de déclenchement.
Question de vitesse	<p>"S'ils passent sur le côté ou trop vite, comme en vélo, ça ne s'ouvre pas. Il faut arriver doucement et dans l'axe." (1)</p> <p>"Celui avec les béquilles, ce n'est pas un handicap, au contraire, étant donné qu'il arrive doucement, il a beaucoup moins de danger d'attendre que la porte s'ouvre, comme le mécanisme se déclenche à une certaine distance, il est tranquille." (3)</p> <p>"Le papi en béquilles... je pense que quand on marche normalement ou lentement, on n'est pas gêné, mais pas si l'on va trop vite." (5)</p> <p>"Là on revoit très nettement que les gens qui marchent vite se retrouvent le nez sur la porte rapidement." (6)</p>	Ce n'est pas forcément ceux qui vont le plus vite qui sont avantagés. Ils peuvent autant se donner la priorité que se trouver arrêtés.
La suspension du geste	<p>"La personne a une sorte de petit arrêt, une petite contraction au moment où les portes étaient en train de se refermer. Comme si le mécanisme eut été trop lent par rapport à ce qu'elle pensait. C'est marrant, il aurait pu aussi accélérer pour éviter le danger. Comme avec la porte du garage de l'école, là c'est différent. Il y a une certaine confiance à l'électronique, mais déçue." (3)</p> <p>"Je n'ai pas senti des moments de suspension en accéléré."</p>	Ce point dépend beaucoup de l'échelle d'observation à laquelle on se place. En vitesse normale, pour beaucoup de gens il ne se passe rien de spécial. Pour d'autre, en avance image par image, on s'aperçoit d'un nombre important de petit geste, de suspension du geste, inclinant à penser à une préparation de l'action suivante en fonction d'un dysfonctionnement de la porte par exemple (mettre la main, mettre le bras sur le côté, etc.)

Synthèse : Pour savoir s'il y a ajustement, il convient de préciser à quelle échelle d'observation on se place. On retrouve l'idée que les portes peuvent être prégnantes ou tout juste saillantes en regard à une modification du comportement toujours à une échelle d'observation donnée.

Dynamiques du seuil : Janus

Idée générale : C'est l'idée du seuil entre un dedans et un dehors où s'incarnent certaines attitudes, voire certaines traditions (on s'embrasse sur le seuil avant de partir...)

Déclinaisons	Extraits des entretiens	Observations, commentaires
Lieu du regroupement	<p>"Les dames attendent leur petit souvent à la sortie ou la dame donne une consigne." (2)</p> <p>"Une petite arrive en courant et s'arrête, on a l'impression que c'est les portes qui l'arrêtent." (4)</p> <p>"Ce passage, ça doit être un lieu où les parents sont peu rassurés, ils attendent tous leur enfant, c'est un passage, et il faut vérifier que tout le monde soit là." (5)</p> <p>"Dans la séquence 3, la petite fille attend sa maman, notion de seuil. Elle les attend dedans, qui est ni un dedans ni un dehors... la maman donne la main." (10)</p> <p>"L'enfant est le perturbateur de cette sensation. C'est à soi à l'entraîner et l'élément porte devient structuration de cet apprentissage. Cela devient actif. On s'en sert : "tu vois cette chose, il est important d'avoir tel comportement". Il n'y a que pour les gens qui sont en responsabilité d'autres que l'objet devient quelque chose." (12)</p>	<p>Lieu de rendez-vous.</p> <p>Notion d'apprentissage.</p> <p>Idée du danger de "se perdre" dans l'autre espace, avec les enfants.</p>
Lieu de la séparation	<p>"Les poids lourds (landaus) prennent toute la place. C'est marrant qu'ils s'arrêtent, ça gêne les gens, les gens regardent. C'est l'endroit où on se quitte apparemment car l'autre fait demi-tour, comme si elle l'avait emmené à la sortie." (7)</p> <p>"Rencontre des deux femmes qui restent dans les sas. Elles se séparent à la sortie du sas chacune d'un côté : c'est l'idée d'un peu comme le seuil chez les Romains, ici, il y a deux portes avec un lien entre, qui est un passage dans tout le film." (10)</p> <p>"Elles s'embrassent même entre les portes." (12)</p>	<p>C'est là où l'on se raccompagne...</p> <p>On se regroupe pour mieux se séparer.</p>
Lieu du changement	<p>"Il y a un changement de rythme dans la mobilité des enfants et pas dans les adultes au niveau du sas." (2)</p> <p>"Chez les enfants, il y a vraiment une attitude différente, il y a le mouvement de se précipiter vers... Il fait un pas de course, de danse vers l'intérieur ou vers l'extérieur." (2)</p> <p>"La fille jouait dehors, elle a eu un changement de comportement entre intérieur et extérieur, qui est en fait un semi-extérieur." (7)</p>	<p>Observable presque systématiquement avec les enfants. Quasiment jamais avec les adultes.</p>
lieu de la rencontre	<p>"Cela arrive souvent de rester dans les portes, ils croisent quelqu'un et ils causent." (1)</p> <p>"C'est une des seules qui s'est arrêtée dans le sas pour revenir en arrière." (3)</p> <p>"Les gens ne s'arrêtent pas à cet endroit, enfin c'est très rare, c'est un lieu de passage, pas un lieu d'arrêt." (4)</p> <p>"(elles restent au milieu) Le fait d'être dans l'espace intermédiaire ne pose pas de problème !" (8)</p> <p>"Voilà, le sas en fait, il est fait pour rencontrer des copines..." (9)</p> <p>"Ici, c'est peut-être un hasard, elles ont des poussettes... espèce de dynamique entre le passage et la rencontre." (10)</p>	<p>Figure classique</p> <p>1 2 3</p> <p>Il y a aussi le cas des gens qui se rencontrent en se croisant dans le sas et qui repartent ensemble dans un des deux sens.</p>

Synthèse : "Notion de seuil, le sas empêche une limite très précise. On retrouve l'ambivalence de la notion de seuil chez les Romains, où c'est la limite entre deux espaces et lui-même est un espace. Le sas est la forme technique élaborée du seuil, on le voit avec la scène des deux femmes. Janus (Janua la porte) dieu romain. Toute idée de commencement de nouvelle vie, la fin et le début. L'ambivalence : seuil dans le temps et dans l'espace. Le sas est une forme technique, moderne de ça - et on n'a pas envie de s'arrêter dans le sas. Sas de décompression, il est ni l'un ni l'autre, lieu ambivalent : fonction de séparation et en même temps c'est jamais brutal, ou peu brutal." (10)



Monnaie romaine 268 av. J.-C.

Le nom de Janus est assimilable à un nom commun signifiant "Passage". L'Irlandais a dérivé de la même racine, le mot désignant "gué" et la porte d'une maison se dit en latin janua ; inutile sans doute de recourir au dieu étrusque Ani pour expliquer le Janus latin. Il est le dieu qui préside à toute espèce de transition d'un état à un autre.

Dans l'espace d'abord : il veille sur le seuil de la maison, protégeant le passage de l'intérieur à l'extérieur et inversement ; il préside au passage de la paix à la guerre et inversement, c'est-à-dire au départ de l'armée pour l'espace intérieur de la même ville ; il assure enfin le passage du monde des hommes à celui des dieux et, à ce titre, est toujours invoqué au début de toute pièce rituelle.

Dans le temps ensuite : il est le dieu du matin ; on l'honore le premier jour du mois qui devait devenir le premier jour de l'année, janarius (janvier). Il préside de même au passage de l'histoire, comme premier roi légendaire du Latium, ce qui a justifié son assimilation au Chaos des Grecs. Sa représentation iconographique traditionnelle résume ces deux aspects : les deux visages de la statue évoquent le présent comme transition du passé au futur et il est paré des emblèmes du portier, le bâton et la clé.

Dans l'être enfin : il veille sur la naissance comme passage du néant à la vie. En fait, si la notion de passage reste pourtant sensible, elle se confond parfois avec celle de commencement, en particulier à l'occasion de la naissance et des calendes ; d'où des interférences avec d'autres divinités, Junon entre autres. (Encyclopædia universalis, Thésaurus, Éd. E. U. S.A., Paris, 1996)

Dynamiques de mise en scène

Idée générale : La question intervient principalement par rapport au mode d'observation qui était proposé, à savoir, des entretiens à partir de vidéogrammes. Souvent, des remarques sur le montage ou le plan séquence proposé, ont permis de faire émerger cette idée d'une forme visuelle dynamique non finie, coupée. Cela se décline de trois façons.

Déclinaisons	Extraits des entretiens	Observations, commentaires
Dynamique coupée	<p>“A la fin de la séquence, il y a un homme qui est en train de passer : les portes se ferment, on a l'impression qu'elles ne vont pas se réouvrir.” (5)</p> <p>“La première séquence se termine sur une porte qui se ferme alors que quelqu'un arrive, forme non finie.” (10)</p> <p>“A la fin de la scène, a priori, la première porte est ouverte sans raison.” (6)</p>	<p>On retrouve l'idée d'une “Gestalt dynamique”.</p> <p>On ressent très nettement la suspension d'une action (elle paraît “coupée”) ou encore une action prise en cours de route (on imagine ce qui s'est passé avant). Certaines actions interpellent lorsqu'elles ne sont pas vues dans la continuité perceptive de leur déroulement.</p>
Dynamique sans début	<p>“On a démarré la scène porte fermée, je ne sais pas si c'est très important.” (6)</p> <p>“Au début de la séquence, on est en droit de se dire que quelqu'un vient de passer, cela dépend de là où on découpe le départ de la séquence. Là, je suis en droit de supposer que quelqu'un vient de passer même si je ne le vois pas.” (8)</p> <p>“La scène a commencé, les deux portes coulissantes étant ouvertes.” (6)</p>	<p>Cette notion de forme inachevée révèle la trace de l'usager antérieur, comme la trace en filigrane de la fin de l'action tronquée de l'usager.</p>
Espace scénique	<p>“Esthétiquement, c'est très intéressant.” (10)</p> <p>“Le distributeur automatique à gauche compte beaucoup dans l'esthétique, quand il y a quelqu'un sur le côté et que le sas ne bouge pas. Ça fait une scène, ce n'est pas qu'un hall sitôt qu'il y a une personne, il y a une scène. Est-ce que cela compte pour les gens qui entrent et qui sortent ?” (10)</p>	<p>Dans le cadre statique d'un plan fixe, cette notion de scène révèle toute l'importance de la narration des différentes actions qui se déroulent. Et inversement, c'est l'existence d'une narration entre les actions qui génère cette notion de scène.</p>
<p>Synthèse :</p> <p>1) Une action dynamique tronquée dans la représentation, même anodine, interpelle l'observateur par l'idée de dynamique inachevée.</p> <p>2) La forme tronquée questionne la trace de ou des usagers précédents. Il y a la notion d'une recherche de stabilité du système dans les remarques sur la forme inachevée. Comme si les portes fermées et la scène vide, signifiaient une quelconque fin. Par là même, on retrouve la notion de <i>narrativité</i> du troisième point.</p> <p>3) Il y a une bien une dimension esthétique, une dimension scénique, et une dimension narrative.</p>		

2.4.3. Retour sur la méthode

La méthode initiale comporte une phase qui n'a pas été réalisée ici : la rédaction d'une fiche d'intentions donnée à un vidéaste professionnel. Nous avons réalisé nous-même les séquences. De nombreuses questions de forme se posent dès le montage. Il peut être intéressant de voir comment un professionnel les aborderait avec les mêmes rushs initiaux. Et si on ne se limite pas au plan fixe, ni à des séquences continues dans le temps, ils peuvent proposer d'autres modes de représentations rendant compte des phénomènes observés, décrits dans des fiches d'intentions. Par ce *cumul des fonctions*, nous nous privons d'un mode de description permettant une récurrence supplémentaire propre à la méthode initiale.

Un deuxième point qui diffère est que nous n'avons pas uniquement utilisé des situations expressives comme le souligne la méthode. Ce choix offre l'avantage de questionner le dispositif avec un rapport ordinaire / extraordinaire. Il permet des comparaisons, des recherches d'occurrences et de règles entre les séquences.

La durée indiquée par Pascal Amphoux pour un entretien est de 1h30 à 3 heures. Les nôtres ont été plus courts, peut-être trop courts parfois. En effet il n'est pas toujours facile pour les participants de rester concentrés plus d'une heure sur des vidéogrammes particuliers comme ceux-ci. Par contre le nombre de participants (seize) permet un renforcement certain de certaines observations, de certaines hypothèses, que ne nous aurait pas permis un nombre plus faible d'enquêtés.

L'organisation de la projection est libre quant au nombre de visionnage, à l'utilisation de la télécommande, et donc à la durée de l'entretien. Il semblerait qu'un peu plus de direction soit nécessaire pour que la récurrence fonctionne à des niveaux de description nécessitant plusieurs projections.

Les séquences étaient un peu trop nombreuses. Plus de 10 minutes pour le total du film, c'est un peu long pour être projeté plusieurs fois, surtout avec l'utilisation des arrêts sur image.

2.5. De l'observation des conduites à la conception d'un modèle numérique

Les huit tableaux précédents synthétisent les récits issus de *l'observation récurrente*. Ils proposent des principes sur lesquels on pourra s'appuyer pour élaborer un modèle (principe de volume psychophysique, principe d'élasticité). Ils précisent des dynamiques qui se situent à différents niveaux - allant de la dynamique gestuelle à la dynamique scénique -, offrant ainsi à la fois une comparaison possible et un horizon à atteindre pour l'ajustement puis l'évaluation d'un modèle. De ces descriptions, on peut extraire deux remarques générales, qui sont comme deux visions, s'appliquant quasiment à l'ensemble des tableaux.

- Ce qui ressort en premier lieu est l'**idée de fluidité**, d'éléments qui mis en semble ont un comportement laminaire. Les enquêtés parlent de flux, d'écoulement, de *faufilement*, de files, etc. On peut aisément imaginer qu'une prise de vue vidéographique en plongée eût mieux encore permis de révéler l'aspect laminaire par le masquage des visages et le gommage partiel de singularités liées à la personnalité de chaque individu¹⁹⁷. Les ajustements corporels et les trajectoires effectuées par les personnes conduisent à cette idée de fluidité. C'est le cas des observations suivantes :
 - la vitesse de déplacement des personnes ne varie qu'insensiblement,
 - il y a très peu d'interactions de type "conflit",
 - les interactions sont plutôt identifiées comme étant des "négociations implicites",
 - même en cas de panne des portes, les usagers trouvent un moyen pour passer au travers du sas,
 - la vision en accéléré renforce et révèle l'impression d'écoulement.

- En ce qui concerne les interactions entre le public et le sas, les commentaires mettent en avant **deux types de rythmes et de fréquences**, comme deux visions d'un même phénomène.

¹⁹⁷ L'étude en plan, dans les interactions, devrait suffire pour rendre compte dans une première abstraction, des dynamiques émergentes. L'idéal serait de pouvoir installer une caméra au centre et au-dessus du sas, de manière à mieux analyser sous cet angle ce corpus, et surtout pour pouvoir régler le modèle en regard à cette réalité.

- Certains enquêtés voient plutôt les portes comme un dispositif ayant *sa propre vie*, et venant segmenter le passage des gens et par la même taillader le flux : "L'impression, c'est comme dans le métro, elles se ferment elles-mêmes sans se soucier du flux". Cette idée se renforce lors des ouvertures intempestives, sans raison apparente : "il y a un automate indépendant des gens" (12), "Les portes sont folles." (2)
- D'autres voient les flux rythmés par la constitution de groupes ou par les arrivées de tramways, et pour lesquels les dynamiques des portes ne changeraient rien : "Globalement on a l'impression que les gens ne changent pas de rythme, ce n'est pas un obstacle pour eux quand elle est en panne."(4)

Les huit tableaux ainsi que ces deux précédentes remarques conduisent à imaginer un rapprochement entre les dynamiques de cheminement et les dynamiques d'éléments issus d'un flux quel qu'il soit.

Un autre point important est apparu dans l'étude des vidéogrammes. Il s'agit de l'idée d'élément perturbateur (ou d'élément structurant selon comment on le voit¹⁹⁸). Ces éléments agissent comme révélateur de règles qui régissent certaines interactions. Ainsi, passer à gauche entraîne des conflits ; s'arrêter dans le sas perturbe les "flux" et modifie, de fait, la "fluidité". Quand le dispositif est en panne, immédiatement des pratiques et des attitudes particulières envers les portes se mettent en place. On peut aussi, grâce à une intervention humaine, créer des éléments perturbateurs artificiels. On peut sciemment à des fins d'expérimentation, par exemple, bloquer les portes, demander à quelqu'un de s'arrêter au milieu, etc. Ainsi, par induction expérimentale, observation puis déduction, on peut valider ou invalider des hypothèses sur la nature des relations (interaction, règles de comportement culturel, etc.). Par exemple, ce genre d'expérimentation peut être menée pour l'étude des priorités, des processus

¹⁹⁸ On peut s'interroger sur les conditions spatio-temporelles nécessaires pour qu'un élément perturbateur devienne un élément structurant par la re-organisation qu'il entraîne. C'est ce qui sera fait dans la phase de modélisation numérique.

coopératifs... Mais on peut aussi mettre en place un protocole d'expérimentation pour éprouver l'importance d'un élément sur un autre. On verra que cette latitude expérimentale s'avère très utile et peut-être même indispensable pour éprouver les réglages et la pertinence d'un modèle (on parlera alors de robustesse du modèle).

L'étude de ce dispositif a montré que l'on est bien en présence d'une double situation d'interaction : celle du passant avec le dispositif et celle du passant avec autrui. Ce qui apparaît clairement dans les tableaux, c'est qu'il n'y a pas (en général) de séparation évidente entre les causes et les actions résultantes. Les unes et les autres s'actualisent en permanence en s'incarnant dans des figures de mobilité et de sociabilité. Les formes spatiales induisent des types de conduites comme les types de conduites configurent elles aussi l'espace de façon temporelle, spatiale et significative. Il n'y a pas le construit d'un côté et le *public* de l'autre.

Pour résumer, on peut observer que, de par son automatisme (avec les réglages qui lui sont associés, ses déclinaisons multiples dans différents lieux et pour différentes utilisations, etc.), ce type de dispositif offre un champ pour l'étude des dynamiques de cheminement *in situ* à la fois assez complexe et très délimité. Ce sont deux caractéristiques avantageuses pour envisager l'étape de modélisation. Le complexe étudié (un couloir avec un sas) est assez simple et bien délimité en regard à l'étude d'autres espaces publics (rues, place, etc.) et ce qu'on pourrait imaginer n'être que de simples dynamiques, apparaît en fait complexe et difficilement *délimitable*. L'aller-retour entre l'*in situ* et le modèle numérique semble à la fois réaliste de par la maîtrise et la connaissance des éléments en jeu et quelque peu utopique de par la complexité et la diversité des dynamiques observées. Les enjeux de ce rapprochement sont sans doute à court terme davantage dans la validation du processus méthodologique et à long terme dans l'obtention de résultats applicables.

3. Modélisations numériques

Suite aux conclusions de l'analyse *in situ*, nous faisons dans cette partie l'hypothèse générale qu'il est possible de modéliser en partie les conduites de cheminement dans un espace construit par le modèle physique de l'Acroe. Ce travail a été un travail collectif. Il a été réalisé en collaboration avec Annie Luciani avec l'apport de trois contributions¹⁹⁹ de stagiaires de D.E.A. La cassette vidéo, jointe au mémoire, présente ce travail au travers d'une sélection de 29 séquences numériques représentatives.

Cette partie s'appuie donc à la fois sur les hypothèses dégagées de l'analyse *in situ* et sur les travaux antérieurs de l'Acroe, principalement ceux menés par Annie Luciani sur les phénomènes collectifs.

Nous verrons dans un premier temps l'organisation générale de cette étude, puis dans les trois suivants nous approfondirons ses étapes (écrire, figurer et dire l'espace), un cinquième temps présentera sous forme de fiches les logiques d'expérimentations numériques en liens aux séquences fournies, pour enfin conclure sur l'évolution possible de ce genre de modèle.

¹⁹⁹ Stages de D.E.A. I.V.R., Image-Vision-Robotique, Ensimag, Grenoble. Contributions de Nicolas Seminel (1998), Sébastien Riolfi (1999) et Mark Svensson (2000). Les références des rapports de stage correspondant sont en bibliographie. Ces stages ont été co-encadrés avec Annie Luciani.

3.1. Principes méthodologiques et étapes numériques

Reprenons les trois questions initiales qui permettent de mettre en place une activité de modélisation. Modéliser quoi ? Modéliser pourquoi ? Modéliser comment ?

Au "modéliser quoi", on peut répondre que l'objet de la modélisation est les dynamiques des conduites de cheminement dans un espace bâti, comme elles ont été définies dans la partie *in situ*.

Au "modéliser pourquoi", la réponse est multiple et sur plusieurs niveaux. On peut vouloir modéliser les conduites de cheminement :

- Pour voir un outil de prédiction des conduites potentielles d'un espace construit,
- Et inversement, pour avoir un outil de conception de l'espace qui prend en compte des conduites,
- Pour tester les hypothèses dégagées de *l'in situ* par un processus d'expérimentation, et *in fine*, arriver à mieux connaître les conduites par l'extrapolation d'un modèle impliquant et définissant des éléments qui se situent en amont à celles-ci.

On reviendra sur les deux premières raisons en conclusion. Le travail réalisé et développé dans cette partie répond principalement à la validation des hypothèses dégagées de *l'in situ* par la proposition et l'expérimentation d'un modèle numérique.

Intéressons nous au "modéliser comment". Si on reprend le schéma général donné dans la problématique sur la présentation du modèle physique de l'Acroe, on peut renommer les étapes de la façon suivante :

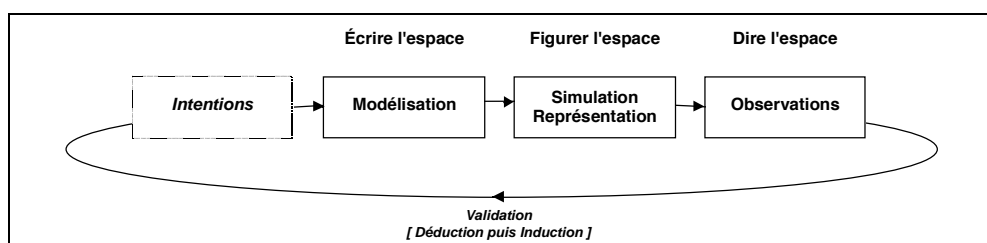


Figure 31 : Boucle d'expérimentation numérique

L'ensemble des phases représente le processus d'expérimentation. Mais chacune correspond à une action particulière que l'on peut associer à la notion d'espace. La première phase de définition du modèle consiste à **écrire l'espace**. La deuxième, issue de la simulation puis de la représentation consiste à **figurer l'espace**, enfin, la troisième, issue de l'observation consiste à **dire l'espace**²⁰⁰.

Ces trois temps correspondent à trois étapes majeures de ce travail. Sa présentation suivra leur logique à partir du schéma suivant :

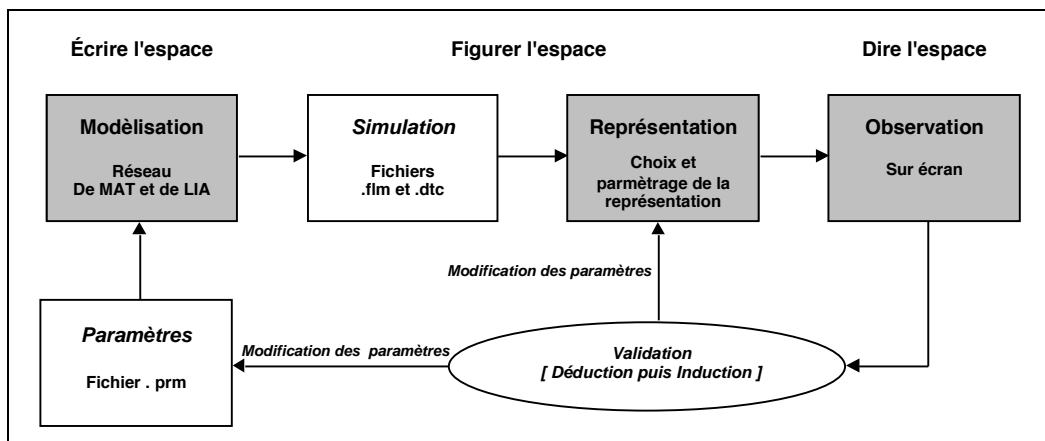


Figure 32 : Détail du processus d'expérimentation et de ses éléments

On reviendra plus en détail par la suite sur chacune de ces étapes, mais on peut déjà faire une description rapide de l'enchaînement des étapes concernant un cycle d'expérimentation.

On commence par rentrer dans un fichier les paramètres souhaités. Ce fichier de paramètres permet de terminer la configuration du modèle (c'est-à-dire du réseau Cordi-Anima). On effectue une simulation du modèle. Celle-ci génère deux fichiers, un fichier de positions des éléments à chaque instant et un fichier d'événements particuliers détectés. Ces deux fichiers servent à alimenter un module qui calcule une représentation choisie et paramétrable. Il s'en suit une étape de visualisation des dynamiques simulées à l'écran. A partir des observations et sur des intentions initiales, on valide ou on invalide les choix fait précédemment, de façon à pouvoir

²⁰⁰ Ces trois distinctions sont inspirées par le titre d'un colloque organisé à Tours sous la direction de Michel Lussault : *Dire, écrire et figurer l'espace* (décembre 1999).

revenir sur les paramètres du modèle ou de la représentation pour les affiner ou en éprouver d'autres.

Commençons par la première étape, qui est la définition du modèle, l'écriture de l'espace en quelque sorte.

3.2. Écrire l'espace - principes

3.2.1. Détermination du cadre bâti de référence

La détermination du cadre bâti s'est fait en relation avec le site d'observation initial. Il s'agissait principalement d'un sas avec un système de deux doubles portes automatiques. On conservera pour le modèle les éléments structurants qui semblent majeurs pour des expérimentations numériques : un couloir avec un sas. Mais pour pouvoir varier les expériences, il est important de rendre cet ensemble paramétrable. Cette scène minimale n'est pas très complexe, mais elle permet de générer par ses paramètres un grand nombre de situation possible focalisant en un petit espace un maximum de dynamiques potentielles.

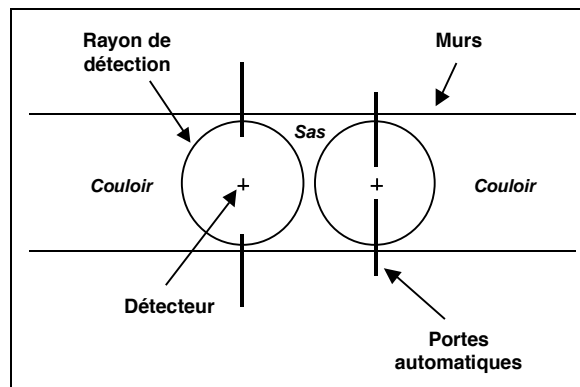


Figure 33 : Paramètres du cadre bâti

Le couloir et le sas sont des espaces résultants de la position des deux murs et des portes automatiques. On peut générer le cadre bâti à partir des paramètres principaux suivants :

- La largeur du couloir,
- La largeur des portes,
- Le nombre de doubles portes (de 0 à 3),
- Les positions des portes,
- Le rayon de détection pour l'ouverture,
- Le temps de réponse entre la détection de la présence et le début de l'ouverture des portes,
- La durée de l'ouverture ou de la fermeture des portes,
- La durée minimale pendant laquelle une porte reste ouverte.

Si on indique une largeur de porte plus petite que la moitié du couloir, il se crée automatiquement deux petits murs en prolongement des portes de chaque côté.

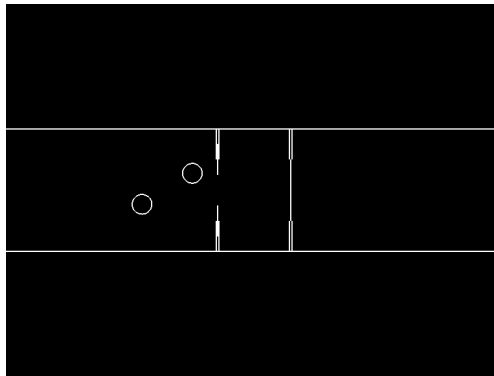


Figure 34 : Sas avec murs latéraux

Il n'y a pas d'unité "réelle" de mesure pour les dimensions spatiales. Les valeurs sont relatives les unes aux autres. Les différentes configurations ont souvent mis comme référence une largeur de couloir égale à 1. Les durées pour le fonctionnement des portes correspondent à un nombre d'images à l'affichage.

Le modèle général sera bien en trois dimensions, mais le paramétrage du cadre bâti dans l'exemple travaillé reste en 2 dimensions. Dans l'ensemble de ce travail la troisième dimension ne sera toujours qu'une simple élévation du plan. Mais le modèle permet le passage à des espaces où le cheminement nécessiterait l'altitude.

3.2.2. Composition générale du modèle

Exception faite du fonctionnement des portes automatiques, le modèle est **exclusivement basé sur des principes physiques**. Il s'agit d'un modèle réalisé **grâce au système de modélisation Cordi-Anima**. C'est-à-dire qu'il est composés principalement d'éléments de deux types :

- MAT : Les masses ponctuelles
- LIA : Les liaisons reliant les masses ponctuelles

Ces éléments reliés entre eux définissent un réseau Cordi-Anima sur lequel on peut lancer des simulations. Les caractéristiques importantes du modèle sont principalement dans le paramétrage des liaisons et non au niveau des masses ponctuelles.

En plus de ces deux modules physique, le modèle nécessite l'intégration de trois modules non physiques. Ces modules n'interviennent en rien dans les relations paramétrées dans le modèle et les comportements issus des simulations. Le premier de ces modules est un automate qui permet de gérer l'ouverture et la fermeture du sas selon un système logique de détection. Le deuxième est un module de capteur qui permet d'extraire des informations du modèle lors de la simulation. Ces informations servent ensuite pour certaines représentations. Le troisième est un module qui permet l'injection des individus en début de scène. Ce module est paramétrable afin de générer un nombre d'individus plus ou moins important, et de varier leur regroupement en entrée de façon à parfois avoir des individus seul, parfois des couples, parfois des groupes.

Pour la réalisation pratique du modèle, l'implémentation s'est faite sous **le logiciel Cordis-Off**. Cordis-Off est la version du logiciel CORDI-ANIMA dédiée au développeurs-concepteurs du logiciel. Elle se présente sous la forme d'une bibliothèque de fonctions en langage C, ce qui permet d'étendre aisément les fonctionnalités du logiciel. Ce logiciel est la version de référence de CPRDIS-ANIMA, qui respecte son formalisme de Cordi-Anima et permet de concevoir des

modèles ouverts et d'effectuer des simulations. Ces dernières seront toutes réalisées à la fréquence de 1050 Hz²⁰¹ pour le pas de calcul.

Le modèle comporte donc un ensemble de MAT et de LIA reliés entre eux. Ceux-ci composent la scène (murs, portes) et les individus qui la traverseront (grâce à un attracteur). Nous allons les passer en revue, en commençant par les MAT, puis le LIA pour finir par les modules non physiques.

3.2.3. Les masses ponctuelles

Les masses ponctuelles (MAT) correspondent dans notre modèle aux éléments nécessitant une position dans la scène. Chaque élément MAT a donc des coordonnées. Tous ont pour algorithme interne un calcul d'inertie ($\vec{F} = m\vec{a}$) à partir de la valeur initiale paramétrée (la masse). Pour l'instant ces masses n'existent que ponctuellement. Elles n'ont pas de volume. Ce qui pourrait faire office de rayon pour une masse ponctuelle est en fait contenu dans le paramétrage de ses liaisons avec les autres masses ponctuelles. Il n'y a pas non plus de dimension cachée comme chez Hall qui serait une sphère autour de chaque élément. Il y a une relation entre deux éléments et cette relation peut parfois définir comme des sphères autour de chacun. Cette relation peut réciproquement les maintenir à distance, les attirer l'un à l'autre, ou les repousser. C'est nous qui en déduisons un volume, mais en fait il n'y en a pas. Par exemple, quand nous verrons un individu éviter ou toucher un autre individu, il ne s'agira pas de deux volumes en interaction, il s'agira bien d'une distance d'interaction entre deux masses ponctuelles. La différence est fondamentale. On pourrait dire que cette distance d'interaction dessine un espace propre à chacune des deux masses ponctuelles en liaison. Mais cette distance n'appartient qu'à cette liaison et rien ne dit qu'elle sera la même pour d'autres liaisons avec cet élément.

²⁰¹ D'après l'expérience de l'Acroe sur d'autres modèles de comportements collectifs, cette fréquence est suffisamment grande pour que les interactions engendrent un maximum de dynamiques. En l'augmentant, on n'obtient apparemment aucune dynamique nouvelle. En la diminuant par contre, on perd selon les cas certains phénomènes qui nécessitent ce niveau de fréquence pour exister.

Pour ce modèle, on a besoin de définir quatre types de masses ponctuelles correspondant aux murs, aux portes, aux individus et à un attracteur.

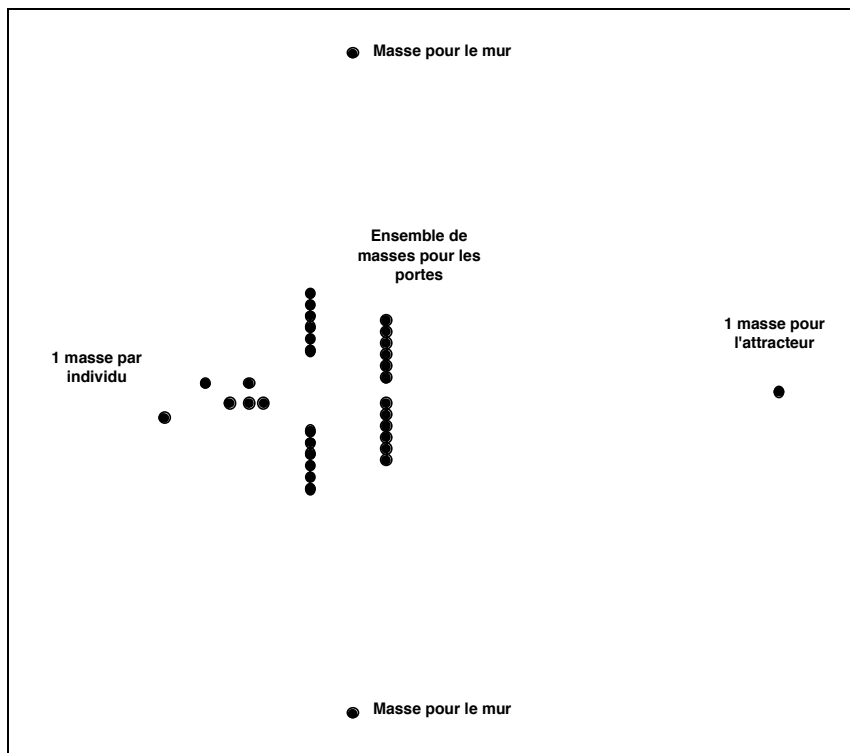


Figure 35 : Répartition des masses ponctuelles nécessaire au modèle

a. Les murs

Comment réaliser les murs rectilignes du couloir avec les principes de masse et de liaison de Cordi-Anima ?

La solution retenue consiste à définir pour chaque mur une seule masse ponctuelle. Pour rester immobile malgré les interactions, cette masse possède une inertie quasi infinie. Elle est située très loin de la zone correspondant au "couloir". On le verra après, la définition des distances d'interaction entre les deux masses ponctuelles pour les murs et celle de chaque individu, conduira à générer deux zones de non-pénétration. Ces deux zones, grâce à l'éloignement des masses ponctuelles, seront quasiment équivalentes à des droites. L'avantage de définir un mur par une seule masse est aussi dans le fait qu'on limite le nombre de liaisons nécessaires au modèle,

les temps de simulations étant directement proportionnel aux nombres de modules à calculer.

Selon cette logique, l'espace de mobilité est défini en partie par des distances d'interaction. C'est donc par le paramétrage des liaisons avec les individus que le mur va trouver sa "consistance". En effet, c'est en paramétrant entre chaque masse ponctuelle et chaque individu une liaison définissant une zone de non-pénétration que le mur *fait effet de mur*.

b. Les portes

Le principe permettant de simuler les portes automatiques n'est pas le même que celui choisi pour les murs du couloir. Il n'est pas possible de définir les portes par une seule masse au risque de les voir agir dans les interactions comme une seule sphère lointaine. La solution retenue consiste à former un chapelet de masses reliées entre elles. En dehors du déplacement lié à l'automatisme, afin de rester fixes, les masses ont une inertie quasi infinie. Il aurait pu en être autrement comme le montre la séquence n°7, où les portes n'avaient pas une inertie infinie. Chaque porte est donc composée de plusieurs masses. Il faut un nombre de masses suffisant pour ne pas créer de "trou" entre elles, mais pas trop grand non plus, afin de ne pas alourdir les calculs par une augmentation du nombre de liaisons. En règle générale, les simulations ont été réalisées avec 8 masses pour chaque porte.

c. Les individus

De manière la plus simple, chaque individu est représenté par une masse ponctuelle. Ultérieurement, le modèle pourra être enrichi pour représenter par exemple les dissymétries spatiales importantes chez un androïde.. Par défaut, toutes les masses des individus ont la même valeur d'inertie. C'est par la définition des liaisons que la diversité sera introduite pour les individus. Le nombre d'individu intervenant dans une simulation est paramétrable. Leur fréquence d'apparition dans la scène dépend d'un module d'injection que l'on précisera par la suite.

d. Un attracteur

Pour que les individus puissent se déplacer, on a placé un attracteur au loin de la scène. Cet attracteur est suffisamment éloigné pour ne pas influencer sur les variations des trajectoires des individus. Cet attracteur est une masse ponctuelle avec une inertie quasi infinie de façon à ce que cela soit les individus qui aillent à lui et non l'inverse. Lors d'un fonctionnement en double sens, il y a un second attracteur de l'autre côté de la scène.

3.2.4. Les liaisons

Les liaisons (LIA) correspondent, dans Cordi-Anima, aux modules qui relient les masses ponctuelles (MAT). Chaque LIA nécessite d'être relié à deux MAT. Les liaisons sont très importantes dans le paramétrage du modèle. Chaque liaison contient un algorithme pour le calcul de l'interaction des deux masses ponctuelles à partir de leurs positions. Lors de la simulation, chaque fois qu'un pas de calcul s'effectue, les liaisons appliquent des forces aux masses ponctuelles auxquelles elles sont connectées. Les forces appliquées dépendent principalement de la distance relative des masses, lorsque c'est d'élasticité qu'il s'agit, et de la vitesse relative des masses, lorsqu'il s'agit de viscosité.

Le modèle physique permet une grande inventivité dans l'écriture des interactions. Mais il est souvent intéressant de rechercher l'interaction qui soit la plus élémentaire pour générer la diversité des phénomènes recherchés. Dans notre modèle, toutes les liaisons sont paramétrables. En dehors de l'interaction entre les individus et l'attracteur, toutes les autres sont basées sur une combinaison d'élasticité et de viscosité *seuillée*.

a. Les liaisons individu - individu

Tous les individus sont reliés à tous les individus. Les liaisons individu - individu sont des liaisons de type butée viscoélastique.

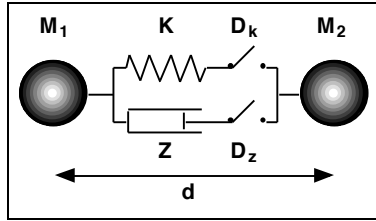


Figure 36 : Interaction de type butée viscoélastique

Elles permettent de définir pour l'élasticité et pour la viscosité des zones avec des valeurs d'interaction différentes. Elles font partie des liaisons d'interaction linéaire par morceaux. Le modèle pour la simulation des conduites permet de délimiter jusqu'à trois zones pour l'élasticité et pour la viscosité. Ces zones sont délimitées par trois distances (d_1, d_2, d_3). À chaque zone peuvent correspondre alors des paramètres K et Z différents (cf. la feuille d'expérimentation pages suivantes).

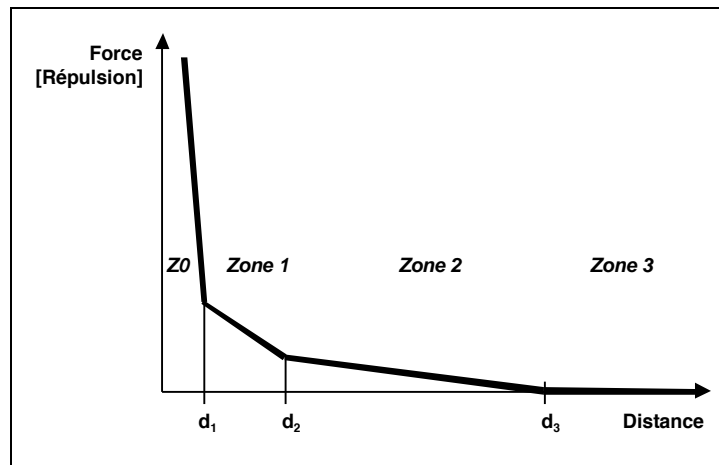


Figure 37 : Fonction d'interaction élastique linéaire par morceaux pour les liaisons individu - individu

Le terme "élastique" décrit le type d'interaction. Il correspond à un gradient dynamique proportionnel à la distance variant entre des éléments. Cela signifie que lorsque les deux éléments sont assez proches - c'est-à-dire quand la distance qui les sépare est plus petite que le seuil - tout se passe comme si leur relation était élastique. Les propriétés de cette élasticité (K) sont, rappelons-le, soit d'exercer une force répulsive (ressort pressé), soit d'exercer une force attractive (ressort étiré). Enfin, il existe une longueur, appelée longueur au repos (d_k), pour laquelle le ressort n'exerce

aucune force. Cette longueur au repos peut être plus grande ou plus petite que les seuils précédemment définis.

Le terme *butée* dans "interaction de type butée viscoélastique" permet, par analogie, de dire que c'est comme s'il y avait une butée à la surface (passé la distance d_1 , la force de répulsion devient très grande) d'un individu et une pression autour de lui (la pression est une action en $1/d^2$, sa courbure est proche de la fonction linéaire par morceau dessinée ci avant). Dans ce diagramme, la distance 0 correspond au fait que les deux individus soient à la même position. La distance d_1 représente donc le "rayon" de chaque individu, c'est-à-dire plus exactement la distance de contact entre deux individus. Ce rayon définit une zone Z_0 de non-pénétration. Cette zone Z_0 pourrait quand même être pénétrée, en cas par exemple de grande densité des éléments dans une zone, ou d'interaction avec un autre individu ayant une vitesse assez importante. Dans ces deux cas, les individus peuvent s'interpénétrer l'un l'autre (on peut imaginer que cela correspond au fait de se faire moins large, dans un espace confiné), ou encore cette situation détermine une collision. La pression est plus importante à la proximité de ce rayon et décroît jusqu'à devenir nulle passée un seuil donné. Z_1 et Z_2 correspondent à des zones où les individus s'influencent les uns les autres. Ces zones sont utiles pour détecter l'autre (par la vue, l'audition, l'olfaction, le mouvement...), ajuster son comportement, garder ses distances, prévenir une collision, montrer que l'on est là, etc. Passé ces zones, il existe un seuil au-delà duquel il ne se passe rien et au-dessous duquel les deux éléments interagissent (zone 3, au-delà de la distance d_3). La butée élastique est la métaphore physique de ces observations.

On peut rendre le modèle plus complexe en introduisant une fonction de viscosité. Nous avons alors toujours la propriété de non-interaction au-delà de notre seuil. Et la présence de viscosité ne change rien à cela. Cependant, lorsque le ressort relie nos deux individus, au lieu d'avoir un ressort idéal oscillant, le ressort cherche à rejoindre sa position d'équilibre, même si elle est au-delà du seuil. Afin de bien comprendre la viscosité, nous prenons un exemple simple. Soit un individu immobile qui est rejoint par un autre qui arrive à une certaine vitesse. À l'approche du premier, le second va ralentir puisque l'on "compresse" le ressort, puis il va repartir avec la même vitesse

s'il n'y a pas de viscosité. Si la viscosité est présente, l'individu repartira avec une vitesse plus faible. La principale conséquence de la présence de viscosité est qu'elle permet d'éviter les phénomènes oscillatoires entre les individus. De par le fait qu'elle soit liée aux vitesses relatives des deux éléments, elle amène des co-ajustements souvent plus subtils que l'élasticité qui ne dépend que des positions. On peut comme pour l'élasticité paramétrer des zones différentes pour l'application des valeurs de viscosité. À chaque zone correspond alors une pente de droite pouvant être différente. Dans la pratique, seule les zone Z0 et Z1 nécessitent un paramétrage de la viscosité. Ces forces étant proportionnelles à la vitesse relative, elles contribuent directement à stabiliser les dynamiques d'attraction et de répulsion.

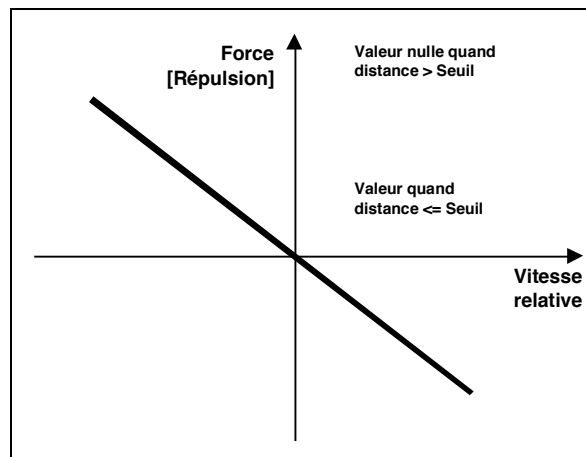


Figure 38 : Fonction d'interaction viscosité pour les liaisons individu - individu en fonction d'un seuil donné

Le système de paramétrage permet de définir des intervalles de distances pour les zones ainsi que des valeurs à l'intérieur de chacune de ces zones. Ces intervalles servent à générer des fonctions d'interaction différentes pour chaque liaison. **De ce fait, il peut exister autant d'interactions différentes que de couples d'individus possibles.** Le modèle lors du lancement de la simulation définit chacune des interactions en prenant des valeurs dans les intervalles fournis. La répartition de ces valeurs peut être totalement aléatoire ou soumise à une fonction qui les gouverne. L'inconvénient d'une fonction aléatoire "à répartition aveugle" est que l'on peut avoir *in fine* autant de valeurs dans les extrêmes des intervalles qu'au milieu de ceux-ci. Pour éviter cet inconvénient, il a souvent été rajouté une fonction basée sur une

courbe de Gauss centrée sur le milieu de l'intervalle pour le tirage au sort des valeurs. Grâce à cet artifice, on obtient un ensemble de liaisons en général semblables avec quelques cas de liaisons aux extrêmes.

Le cas le plus classique paramétré habituellement correspond à une élasticité exclusivement répulsive. Mais il est possible aussi de paramétrer des cas où la longueur au repos est plus petite que le seuil minimal d'interaction. Alors, le ressort imaginaire peut être compressé ou étiré (attraction ou répulsion). Un couple d'individus aura tendance à se tenir à la même distance qui correspond alors à la longueur au repos du ressort. Par exemple, selon le paramétrage des liaisons et la configuration de la scène, des individus peuvent dans un premier temps s'ignorer l'un l'autre, puis s'attirer, jusqu'à une certaine distance, etc.

b. Les liaisons individu - mur

Intéressons-nous à présent à l'interaction entre les individus et le cadre bâti. Il faut entendre ici par cadre bâti, juste les deux murs qui définissent le couloir dans lequel les individus évolueront.

La première étape pour définir l'interaction individu - cadre bâti (c'est-à-dire les deux murs) consiste à en faire l'analyse. Quels sont les paramètres, les caractéristiques que l'on peut définir pour ces murs-là, ou plus exactement pour les interactions avec ces murs ? Attention, la réponse qui est faite n'a pas forcément une fonction d'universalité, bien au contraire, les paramètres que l'on va définir sont très fortement liés aux effets que l'on souhaite représenter et donc directement aux hypothèses qui découlent d'observations *in situ*. Dans le cas étudié, on observe des conduites et l'absence de certaines conduites qui amènent à trois conclusions élémentaires sur les interactions individus - cadre bâti. Le terme élémentaire est important. En effet, ces observations servent de base "élémentaires" pour des paramétrages à partir desquels s'engendrent des comportements complexes :

- Personne ne pénètre dans le mur : il a une certaine dureté.

- Personne ne vient "râper" en avançant le long du mur : il a une certaine rugosité. Il maintient les personnes à une certaine distance lorsque les gens cheminent.
- À eux deux, les murs définissent un espace du pas et, de par leur disposition, ils lui donnent une direction : ils ont une fonction de "guidage corporel".

Ces remarques élémentaires permettent déjà de proposer une définition du modèle d'interaction. Par analogie, tout se passe comme s'il y avait une butée à la surface du mur et une pression autour de lui, plus importante à sa proximité. On peut donc, comme pour la liaison précédente, définir une interaction entre le cadre bâti et un individu par l'intensité de la force appliquée aux éléments en fonction de la distance qui les sépare.

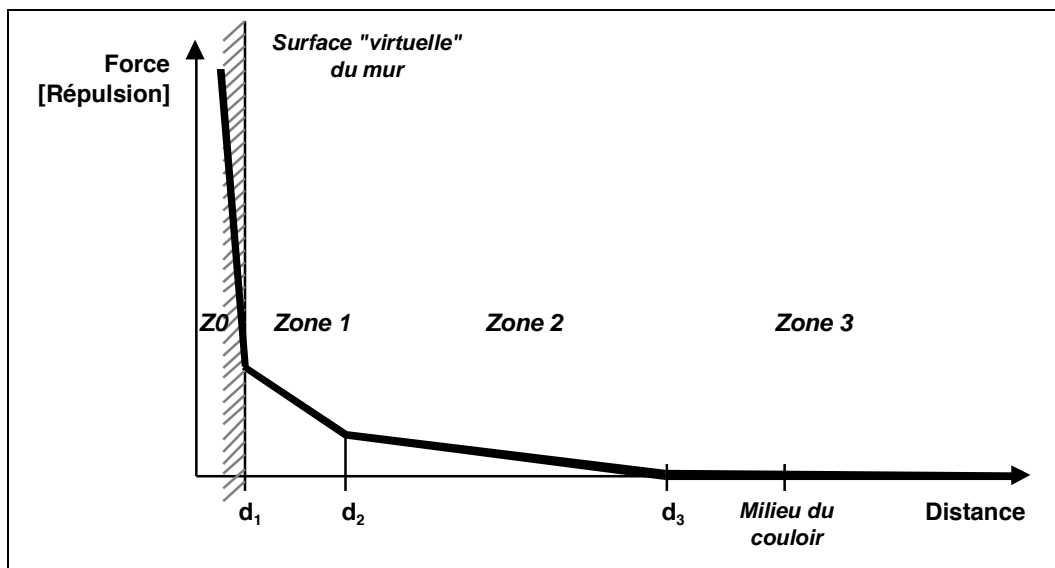


Figure 39 : Fonction d'interaction Individu / Mur

Reprenons les éléments initialement définis. Chaque mur est composé par une seule masse ponctuelle. Cette masse a une inertie quasi infinie ce qui permet de considérer qu'elle sera toujours à la même position quelles que soient les forces résultantes des interactions auxquelles elle se trouve reliée qui pourrait si elles étaient très grande la faire bouger. On peut, grâce à ce constat, faire coïncider l'espace de la scène (espace

euclidien *classique*) avec les distances basées sur des positions relatives de chaque interaction (espace relationnel). Comme pour la liaison interindividuelle, il s'agit ici d'une butée élastique. Nous définissons dans le schéma ci-dessus une répartition en quatre zones : Z0 : une zone dite de non-pénétration, Z1 : une zone dite de "rugosité", Z2 : une zone dite "d'orientation spatiale", Z3 : une zone dite de non-interaction.

On remarque aisément que la résistance devient très importante quand un individu tente de traverser le mur. En pratique, comme dans la réalité, il n'y parvient pas. En général, plus il est éloigné des murs, moins il interagit avec eux. On peut noter que dans le cas présent l'interaction entre individu et cadre bâti est exclusivement répulsive (le ressort - au deçà du seuil quand il existe - est toujours comprimé). Cette interaction empêche les individus de franchir les murs d'une part et les pousse à ne pas les "raser" d'autre part. D'autres contextes construits peuvent amener à définir des fonctions d'interaction d'une tout autre nature (attractive, avec des puits de potentiels - zones d'attraction dans lesquelles il est difficile de sortir -, à mémoire - hystérésis - ...).

Le paramétrage du modèle permet de combiner cette interaction de type butée élastique avec une fonction de viscosité. Dans la pratique elle a toujours été mise à zéro, faisant simplement de cette liaison une butée élastique.

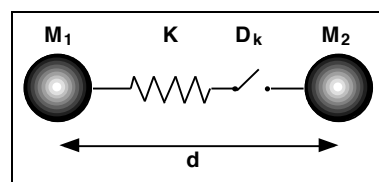


Figure 40 : Interaction de type butée élastique

Comme pour les interactions interindividuelles, les liaisons entre le cadre bâti et les individus sont paramétrables. Chaque paramètre est choisi dans un intervalle donné, permettant d'avoir une diversité des liaisons entre chaque individu et les deux murs composant l'espace modélisé.

c. Les liaisons individu - porte

La présence des portes automatiques est facultative. Allant toujours par deux, elles nécessitent pour leurs compositions plusieurs masses ponctuelles. Le même raisonnement que pour les deux murs précédent amène à définir entre les portes et les individus une liaison de type butée élastique.

Si la fonction d'interaction est la même que pour les murs, il en est d'une toute autre logique pour les choix des valeurs affectées aux paramètres de cette fonction. Comme un mur, une porte automatique ne se traverse pas, du moins pas aisément, elle engage plutôt des attitudes d'évitement et des recentrages lors de leur ouverture ou de leur fermeture. Mais il n'est pas rare de voir des personnes toucher les portes, de les frôler, voire de s'y cogner. Les attitudes envers les portes sont nombreuses et de nature diverse. Les tableaux de l'observation *in situ* en témoignent.

Comme pour les interactions entre les autres éléments, les liaisons entre les portes et les individus sont paramétrables. Chaque paramètre est choisi dans un intervalle donné, permettant d'avoir une diversité des liaisons entre chaque individu et les portes composant le sas.

Les portes étant composées de plusieurs masses, chaque individu est relié à chacune d'entre-elles. Cette configuration implique que les zones (les disques) des différentes liaisons se superposent par endroits. Les alentours des bords des portes étant moins "recouverts", ils se retrouvent "tout naturellement" moins répulsifs que le reste des alentours de la porte (principe de superposition des forces). Ce constat est valable quand les portes sont ouvertes ou en ouverture et il s'annule lorsque les portes sont en position fermée.

d. Les liaisons individu - attracteur

Chaque individu est relié à un attracteur situé au loin de la scène. Ce système permet de simuler un objectif commun aux individus : traverser la scène. La liaison est une simple interaction élastique. Elle ne nécessite aucun autre paramètre que la valeur de l'élasticité, K , qui joue ici le rôle d'attraction.

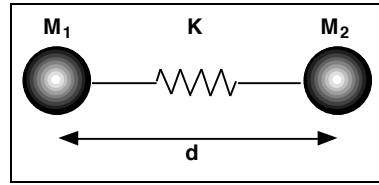


Figure 41 : Interaction de type élastique

En affectant une élasticité K différente à chaque liaison, on génère ainsi des vitesses d'entrée en scène distinctes pour chaque individu. La valeur de l'attraction est choisie aléatoirement dans un intervalle paramétrable. On peut ainsi décider d'affecter la même vitesse à tout le monde, limitant alors en général la variété des dynamiques collectives, ou au contraire, on peut paramétrer une fourchette de vitesses très large, provoquant ainsi un nombre de dynamiques collectives beaucoup plus grand et varié. La masse ponctuelle de l'attracteur est très éloignée de la scène. Cette situation permet de considérer que la vitesse des individus est constante sur la longueur de la scène, c'est-à-dire qu'il n'y a pas vraiment d'accélération liée à l'attracteur.

3.2.5. Les modules non physiques

Pour pouvoir fonctionner, le modèle implémenté nécessite l'insertion de trois modules possédant des algorithmes non physiques. Il s'agit du système de contrôle automatique des portes, du système d'injection des individus en début de scène (et de leur gestion en sortie de scène), et d'un module de capteurs nécessaire à certains modes de représentation.

a. Le contrôle des portes automatiques

Comme dans l'exemple étudié *in situ*, les portes dans notre modèle fonctionnent selon une logique non physique. Par là, on veut dire que les portes restent bien des objets physiques, mais que leur mode d'ouverture et de fermeture dépend lui d'un module logique. En effet, les portes agissent comme un automate à partir d'événements détectés. Leur fonctionnement nécessite de définir : un rayon de détection, un temps de réponse des portes à la détection, une durée pour l'ouverture

ou la fermeture et une durée minimale pendant laquelle les portes restent ouvertes pour le passage.

L'ensemble de ces paramètres est très utile pour les phases d'expérimentation. En effet, il permet de modifier la dynamique même du cadre bâti. On peut ainsi, pour éprouver le modèle, décider de mettre un rayon de détection très petit, afin de ne permettre l'ouverture que lorsqu'un individu est situé à la jointure des deux portes, on peut accélérer le temps d'ouverture et de fermeture des portes, rendant celles-ci dangereuses, on peut, à l'inverse, paramétrer un temps d'ouverture très long, etc. L'ensemble de ces modifications permet d'éprouver le modèle et de tester s'il résiste à des configurations originales. C'est souvent dans ces cas-là que les conduites de cheminement s'avèrent des plus surprenantes, et tout particulièrement lorsque le nombre d'individus est important.

b. Les injecteurs

Un module d'injection permet de gérer l'entrée et la sortie des individus dans la scène. Il nécessite plusieurs paramètres pour son fonctionnement : le nombre d'individus, la fréquence d'injection minimale, la fréquence d'injection maximale et le nombre d'injecteurs. Grâce à ces valeurs, on peut paramétrer le débit et ses variations. Par exemple, pour obtenir des groupes assez denses, on peut choisir un nombre d'injecteurs assez grand, et une fourchette pour les fréquences d'injection resserrée avec des valeurs hautes. À l'inverse, si on veut des groupes moins denses et plus désordonnés, on peut choisir une plage de fréquence plus large et un nombre d'injecteurs réduit, etc. Ce module permet une assez bonne maîtrise du débit. Il s'avère très utile pour faire varier les conditions d'expérimentations tout en gardant un même cadre bâti.

Afin de ne pas augmenter le nombre de liaisons, les individus qui sortent de la scène sont réinjectés en début de celle-ci après un passage plus ou moins long dans un *buffer* selon le paramétrage des injecteurs.

c. Les capteurs

Les capteurs sont des modules physiques affaiblis qui ont "pour mission" de recevoir des variables physiques de la scène sans rétroagir sur elles. Ils permettent ainsi d'observer et de détecter des événements. Les événements détectés ne peuvent être que de nature quantitative. Ils observent et détectent à chaque pas de simulation (1050 Hz) s'il y a ou non un événement en fonction de leur paramétrage initial. Les résultats détectés sont stockés dans un fichier. Ce fichier est utile par la suite pour des représentations qui se basent non pas uniquement sur le fichier film généré par la simulation (celui-ci ne contient que les positions de chaque masses à chaque instant), mais aussi sur la présence de certains événements.

Selon l'objectif recherché, les capteurs peuvent être des modules équivalents à des MAT (resp. LIA) et donc être connectés à un LIA (resp. à un MAT).

En tant que MAT, les capteurs peuvent s'appuyer sur les valeurs suivantes pour détecter des événements : la force totale appliquée (direction, sens et norme), la position, et grâce aux positions retardées, la vitesse et l'accélération. Pour le système de représentation de la séquence 19, des capteurs de force sur les MAT ont été nécessaires.

En tant que LIA, les capteurs peuvent s'appuyer sur les valeurs suivantes pour détecter des événements : les forces circulant entre deux MAT (direction, sens, norme), la distance entre deux masses, et les dérivées de ces distances. Pour le système de représentation des séquences 20 et 21, des capteurs de force de type "LIA" ont été nécessaires et ont été développés spécifiquement.

Les capteurs permettent d'extraire des informations précieuses sur la simulation, de les réinjecter dans la simulation si besoin, ou de les conserver pour les besoins d'une représentation ou d'une évaluation quantitative de certains événements.

3.2.6. Paramétrage du modèle

La recherche des paramètres pour les fonctions d'interaction s'effectue par des séries d'expérimentations en liaison directe avec les interprétations qualitatives qui peuvent en être faites. On effectue alors des allers-retours constants entre la phase où l'on observe et l'on "dit l'espace" et celle où l'on modèle et l'on "écrit l'espace". Cet aller-retour est possible grâce au passage de la phase de simulation à celle de représentation, c'est-à-dire par la phase où l'on "figure l'espace".

L'ensemble de la scène est donc représentée par un réseau Cordi-Anima. Lors des simulations, toutes les liaisons sont actives selon les positions des éléments et permettent une configuration générale qui est la représentation à tout moment de l'activité du réseau. Cette configuration dynamique est à la fois la résultante d'un ensemble calculé et la cause de la modification de cet ensemble.

Afin de faciliter les phases d'expérimentations, les paramètres principaux des modules sont modifiables et accessibles directement dans un fichier texte. Il se présente ainsi :

May 31 2000 14:16:32	Exp05.prm	May 31 2000 14:16:32	Exp05.prm
//-----// // parametres // //-----//		// larg_couloir	largeur du couloir horizontal centre (double)
larg_couloir	1.	// rayon_M	rayon des spheres qui modelisent les murs (double)
larg_porte	0.5	// nbportes	nombre de double-portes automatiques (int)
Touv_P	2	// posportes[i]	(i entier) abscisse de la porte correspondante (double)
Trep_P	5	// visc_milieu	viscosite dun milieu (double) (pas de gravite)
Tact_P	12	// pas_P	pas de discretisation des portes (double)
// DEBIT		// rayon_D	rayon de detection des individus (double)
nb_I	24	// Touv_P	Duree minimale d'ouverture des portes (int)
nb_inj	2	// Trep_P	temps de reponse en ouverture (int)
Finj_min	0.6	// Tact_P	duree de l'action d'ouverture (int)
Finj_max	1.	// Finj_min	frequence minimale d'injection de la foule (double)
Xentree	-2.4	// Finj_max	frequence maximale d'injection de la foule (double)
Xsortie	2.2	// Xentree	abscisse d'entree en scene (double)
deuxsens	0	// Xsortie	abscisse de sortie de la scene (double)
// VITESSE		// raid_attr_min	raideur de l'attraction (double)
raid_attr_min	0.00007	// raid_attr_max	viscosite de l'attraction (double)
visc_attr_min	0.	// visc_attr_min	viscosite de l'interaction par morceaux (int)
raid_attr_max	0.0004	// visc_attr_max	raideur de l'interaction individu/porte (3 double)
visc_attr_max	0.	// nb_segm_IP ;	viscosite de l'interaction individu/porte (3 double)
// CADRE		// raid_min_IP ;	seuil de l'interaction individu/porte (3 double)
nb_segm_IP	3	// raid_max_IP ;	seuil de l'interaction individu/porte (3 double)
seuil_min_IP	0.	// visc_min_IP ;	nombre de segments de l'interaction par morceaux (int)
seuil_max_IP	0.	// visc_max_IP ;	raideur de l'interaction individu/cloison (3 double)
raid_min_IP	-1.	// seuil_min_IP ;	viscosite de l'interaction individu/cloison (3 double)
raid_max_IP	-0.005	// seuil_max_IP ;	seuil de l'interaction individu/cloison (3 double)
visc_min_IP	0.	// nb_segm_IC ;	nombre de segments de l'interaction par morceaux (int)
visc_max_IP	0.	// raid_min_IC ;	raideur de l'interaction individu/mur (3 double)
nb_segm_IC	2	// raid_max_IC ;	viscosite de l'interaction individu/mur (3 double)
seuil_min_IC	0.	// visc_min_IC ;	seuil de l'interaction individu/mur (3 double)
seuil_max_IC	0.	// visc_max_IC ;	seuil de l'interaction individu/mur (3 double)
raid_min_IC	-2.	// seuil_min_IC ;	nombre de segments de l'interaction par morceaux (int)
raid_max_IC	-2.	// seuil_max_IC ;	raideur de l'interaction entre individus (3 double)
visc_min_IC	0.	// nb_segm_II ;	viscosite de l'interaction entre individus (3 double)
visc_max_IC	0.	// raid_min_II ;	seuil de l'interaction entre individus (3 double)
nb_segm_II	3	// raid_max_II ;	
seuil_min_II	0.	// visc_min_II ;	
seuil_max_II	0.	// visc_max_II ;	
raid_min_II	-1.	// seuil_min_II ;	
raid_max_II	-1.	// seuil_max_II ;	
visc_min_II	0.1		
visc_max_II	0.1		
rayon_I	0.08		
pas_P	0.07		
nbportes	2		
posportes[0]	-0.3		
posportes[1]	0.3		
rayon_D	0.15		
// nb_I	nombre d'individus de la foule (int)		
// masse_I	masse d'un individu (double)		
// rayon_I	rayon d'un individu (double)		

Figure 42 : Exemple d'un fichier de paramètres pour le modèle

3.3. Figurer l'espace - principes

À l'instar des relevés *in situ* et des techniques d'observation mises en place, il se pose le problème du choix des modes de représentation pour un modèle numérique.

Qu'est-ce que l'on choisit de représenter ? Quelle technique de rendu va-t-on utiliser pour la représentation ? À l'intérieur de cette technique, quel point de vue choisit-on ?

La visualisation est un "biais" nécessaire pour l'interprétation, pour ce troisième temps où l'on "dit l'espace". Ce "biais" est un passage entre l'espace du modèle - espace abstrait - et l'espace de nos sens - espace concret -. Il s'avère très important à

être pensé puisque à priori, on ne voit pas les mêmes choses selon le type de visualisation choisi.

La visualisation est située après la phase de simulation. La phase de simulation génère deux fichiers qui serviront de bases à la visualisation.

Le premier est le fichier dit "film" [.flm]. Il contient les positions en x , y , z de toutes les masses ponctuelles à tous les instants t du film. Ce fichier n'exporte pas les 1050 positions calculées par seconde, il en exporte seulement 25 par seconde, c'est-à-dire le nombre d'images nécessaire - et sans doute suffisant - par seconde pour une certaine qualité habituellement reconnue en visualisation (25 Hz). Ce fichier est nécessaire à toutes les techniques de représentations que nous avons développées.

Le second est le fichier dit "détection" [.dte]. Il contient les événements détectés par les capteurs avec l'indication de l'instant correspondant à la détection (valeur de l'événement avec son numéro d'image). Ce fichier est utile pour certaines représentations qui s'appuient sur des valeurs événementielles qui ne seraient pas détectables dans le fichier .flm.

On peut actuellement choisir plusieurs modes de représentation pour visualiser le modèle simulé. Chacun de ces modes de représentation est paramétrable. L'ensemble offre déjà un nombre important de possibilités. Ces techniques sont abordées et illustrées dans la partie "3.5. Expérimentations numériques - Sélection de 29 séquences".

3.4. Dire l'espace - principes

Une partie de cette recherche consiste donc en de nombreuses phases d'expérimentations et d'interprétations. Dans ce dessein, une fiche d'expérimentation a été mise au point.

Modèle de foule - Fiche expérimentation - n° 27

Sébastien Rinolfi - Nicolas Tixier

ACROE - 16 mars 1999

Nom du fichier : 27_foule.flm

Objectifs :

Test du modèle de foule AVEC hétérogénéités (I/I, I/C, I/M, I/P)
Avec viscosité - **sas** - **débit moyen** - **rayon de détection diminué**

	Paramètre	Unité	Valeurs	Modification	Observations														
Cadre bâti	larg_couloir	m	1,0	sans cloison	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Comportement général</th> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">formation de groupes divers</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">1 pers. est complètement bloqué dans le sas</td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Individu / Mur</th> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Création de < comme forme en sortie de sas assez stable</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Grappe en sortie de sas</td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Individu / Portes</th> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">En sortie les personnes restent assez centrées</td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Individu / Individu</th> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Beaucoup de comportements (évitement, accolade, poussade, doublement, ...)</td> </tr> </table>	Comportement général		formation de groupes divers	1 pers. est complètement bloqué dans le sas	Individu / Mur		Création de < comme forme en sortie de sas assez stable	Grappe en sortie de sas	Individu / Portes		En sortie les personnes restent assez centrées	Individu / Individu		Beaucoup de comportements (évitement, accolade, poussade, doublement, ...)
	Comportement général																		
	formation de groupes divers																		
	1 pers. est complètement bloqué dans le sas																		
	Individu / Mur																		
	Création de < comme forme en sortie de sas assez stable																		
	Grappe en sortie de sas																		
	Individu / Portes																		
En sortie les personnes restent assez centrées																			
Individu / Individu																			
Beaucoup de comportements (évitement, accolade, poussade, doublement, ...)																			
Touv_P	nb d'images	2																	
Trep_P	nb d'images	5																	
Tact_P	nb d'images	40																	
nb_portes	-	2	sas																
pos_portes [0,1,2]	m	-0,3	0,3																
rayon_D	m	0,2		petit rayon															
Individus	rayon_I	m	0,08																
	masse_I	Kg	0,02																
	raid_attr_min / max	N.m-1	0,003	0,010															
	visc_attr_min / max	N.m-1.s																	
Débit	nb_I	-	10	Moyen débit															
	nb_inj	-	4																
	Finj_min / max	Hz (nb i./s)	0,6		1														
	Xentree / Xsortie	m	-2,2		2,2														
I / Mur	nb_segm_IM	-	3																
	seuil_min_IM	m	0	0,03	0,05														
	seuil_max_IM	m	0	0,03	0,5														
	raid_min_IM	N.m-1	-0,05	-1E-4	-2E-5														
	raid_max_IM	N.m-1	-0,05	-1E-4	-2E-5														
	visc_min_IM	N.m-1.s																	
	visc_max_IM	N.m-1.s																	
I / Porte	nb_segm_IP	-	3																
	seuil_min_IP	m	0	0,1	0,3														
	seuil_max_IP	m	0	0,1	0,5														
	raid_min_IP	N.m-1	-1	-0,05	-0,0008														
	raid_max_IP	N.m-1	-1	-0,05	-0,0001														
	visc_min_IP	N.m-1.s																	
	visc_max_IP	N.m-1.s																	
I / I	nb_segm_II	-	3																
	seuil_min_II	m	0	0,1	0,2														
	seuil_max_II	m	0	0,1	0,5														
	raid_min_II	N.m-1	-1	-2E-2	-7E-3														
	raid_max_II	N.m-1	-1	-2E-2	7E-3														
	visc_min_II	N.m-1.s	0,1	0,1															
	visc_max_II	N.m-1.s	0,1	0,1															

Conclusions :

Film très riche en figures - A tester avec un rayon de détection encore plus petit

Note : les distances sont exprimées en mètre - elles sont relatives à la taille des individus (0,08 m) et à celle du couloir (1 m).

Figure 43 : Exemple d'une fiche d'expérimentation

Cette fiche permet d'articuler des données quantitatives à des observations qualitatives. Elle résume sur une seule page l'ensemble des éléments et des étapes d'une expérimentation.

En haut de la fiche sont indiquées les références de l'expérimentation (noms, date, fichiers, etc.). Puis vient un cadre nécessitant de définir l'objectif de cette expérimentation (affiner des paramètres, tester des paramètres avec une autre configuration, avec plus ou moins de public, éprouver la pertinence de tel mode de représentation, etc.). Puis, le corps de la fiche est constitué à gauche des paramètres donnés au modèle, il s'agit de la partie quantitative. Une colonne permet en plus d'indiquer où se situent les modifications dans cette expérimentation par rapport aux précédentes. À droite des valeurs paramétrées, une colonne permet de noter les observations de nature qualitative sur les conduites. Dans une première case, on note les observations concernant l'ensemble de la simulation. Puis, afin d'affiner celles-ci, on peut les noter selon la nature des relations : individu - mur, individu - portes, individu - individu. Enfin, une dernière zone permet de noter les conclusions et d'en déduire des hypothèses et des orientations pour des expérimentations suivantes (modification de paramètres, tests avec une autre configuration, etc.).

Mais "dire l'espace" ne va pas sans poser de questions. Que ce passe-t-il sur l'écran ? Qu'est-ce qui est remarquable ? Qu'est-ce qui ne l'est pas ? Comment noter ce que l'on voit ? Comment le nommer ?

On retrouve bien évidemment les mêmes questions que celles qui se sont posées lors de l'observation *in situ* des conduites. Une séance d'observation récurrente sur 12 vidéogrammes a été réalisée à cette fin (3 séries de 4 séquences). Organisée dans le cadre de la recherche Arrash, elle regroupait des chercheurs du Cresson, de l'Acroe et des artistes²⁰². Sans rentrer dans le détail de l'organisation, les consignes étaient les suivantes : 1. Repérer les phénomènes. 2. Décrire. 3. Nommer et extrapoler.

²⁰² Cette journée co-organisée avec Pascal Amphoux s'est déroulée le 17 juin 1999 au Cresson. Elle ne prend pas en compte les nouvelles visualisations mises en place en 2000. Son analyse a été réalisée avec la collaboration de Lise-Marie Bernard qui effectuait un stage de licence d'urbanisme. Les résultats ressaisissent les trois étapes : écrire, figurer et dire l'espace.

L'objectif de ce travail était double :

- Constituer un matériau d'objectivation et de caractérisation des phénomènes observables à partir des modèles dynamiques mis en œuvre
- Extraire certaines hypothèses ou caractéristiques utiles à un retour sur le terrain²⁰³ (assurer le retour du modèle physique sur le référentiel *in situ*)

On trouve en annexe [3] les résultats détaillés de cette analyse.

Nous venons de voir, sans encore les illustrer, les principes généraux des trois étapes "Écrire, figurer et dire l'espace". Elles s'alimentent en permanence les unes les autres par les boucles expérimentales. Afin de présenter les avancées du modèle et d'exemplifier les logiques expérimentales développées, on s'appuiera sur une sélection de 29 séquences représentatives et commentées.

3.5. Expérimentations numériques - Sélection commentée de 29 séquences

Quelques principes méthodologiques ont servi de bases à l'ensemble des expérimentations. On peut en distinguer principalement quatre :

²⁰³ Le retour sur le terrain s'est effectué en juillet 1999 avec une nouvelle observation *in situ*. Il s'agit d'un sas à l'entrée de la poste principale de Grenoble avec une configuration un peu différente que celle étudiée précédemment. Ce travail, en cours, n'est pas encore suffisamment exploité pour en tirer des conclusions.

- Il a toujours été recherché le modèle le plus simple qui puisse simuler le maximum de diversité dans les dynamiques des conduites de cheminement. Cette simplicité est voulue autant au niveau de la confection du réseau des MAT que des LIA, qu'au niveau du paramétrage des modules. C'est-à-dire que nous recherchions le modèle Cordi-Anima qui soit le plus "économe" en terme de nombre de modules et qui soit aussi le plus simple possible dans la définition des fonctions d'interactions pour les liaisons, afin de ne conserver que les éléments strictement nécessaires au phénomène à étudier. Cette logique permet d'explorer une partie des potentiels du modèle et d'en éprouver ses limites. Ce n'est qu'après avoir cerner ses limites que l'on décide ou non de complexifier le modèle. En résumé, nous recherchions un formalisme physique le plus simple qui soit afin que, par simulation, il génère un phénomène comparable au phénomène observé *in situ*²⁰⁴.

- Il a toujours été recherché des paramètres pour les liaisons qui s'avèrent robustes lors d'un changement de configuration. Dans un premier temps, les paramètres sont affinés afin d'obtenir des comportements suffisamment variés, récurrents et surtout *prototypiques* des observations *in situ*. Puis dans un second temps, on fait varier des éléments de configuration du modèle, soit par une modification du cadre bâti (taille du couloir, nombre de portes, etc.), soit par une modification du public (nombre d'individus, fréquences d'entrée en scène, vitesses initiales, etc.). Ces changements permettent d'éprouver la robustesse du modèle et de valider le choix de tel ou tel paramètre. Il n'est possible d'espérer qu'une simulation possède un tant soit peu une valeur prédictive que si les paramètres de celle-ci s'avèrent pertinents pour un nombre suffisamment important d'expérimentations.

²⁰⁴ Annie Luciani parle de "phénomène prototype" servant de référence entre le "phénomène simulé" et le "phénomène naturel". Cf. à sa sujet Luciani Annie, Tixier Nicolas (1998). "Modèle physique et espaces de représentations", in *Actes du colloque Dire, écrire et figurer l'espace*, 4-5 décembre 1998, Tours, 21 p.

- Afin de tester plus encore la robustesse du modèle et la valeur de ses paramètres, on introduit des incidents. Ceux-ci jouent le rôle d'éléments perturbateurs. On évalue alors la pertinence des dynamiques émergentes de cette nouvelle configuration. Les modifications les plus classiques qui ont servi aux expérimentations consistent à :
 - faire ouvrir et fermer les portes automatiques à très grande vitesse,
 - faire ouvrir et fermer les portes automatiques à très faible vitesse,
 - paramétrer un rayon de détection d'ouverture des portes très petit, obligeant à être situé devant la jointure des portes afin qu'elles s'ouvrent,
 - faire entrer en scène un nombre d'individu très important occupant tout l'espace du couloir,
 - etc.

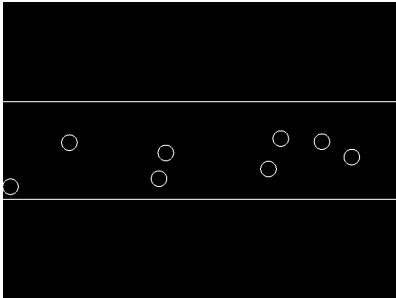
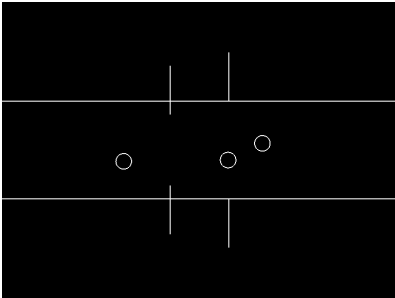
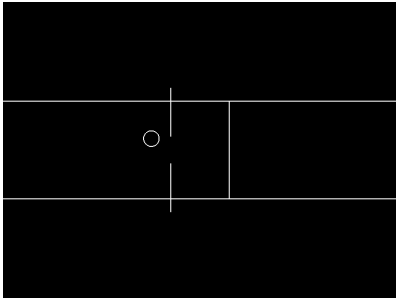
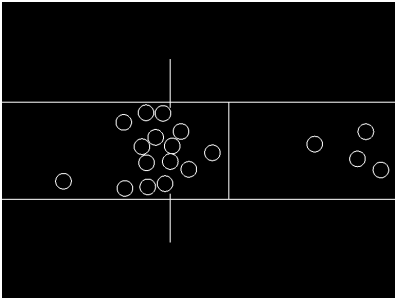
- Enfin, le dernier principe d'expérimentation consiste à intervenir sur le mode de représentation utilisé pour visualiser la simulation. Certaines méthodes de représentations s'avèrent plus ou moins pertinentes pour révéler et mettre en valeur certaines dynamiques.

Chaque série d'expérimentation implique bien en général les trois phases qui consistent à "écrire, figurer et dire l'espace".

Les deux premiers principes sont illustrés par la série de séquences nommées "réglage du modèle". Ces phases de définition et de mise au point du modèle puis celle de recherche et d'affinement des valeurs pour le paramétrage ne vont pas sans quelques surprises. Cela sera illustrée par la série de séquences "quelques problèmes de réglages". Ensuite, une série de séquences montre le rôle des éléments perturbateurs, avec l'"introduction d'incidents" comme principe d'expérimentation. Une plus longue série de séquences présente les différentes modalités de représentation qui ont été développées ainsi que leurs intérêts spécifiques : "méthode de visualisation". Une dernière série de séquences permet d'aborder un travail un peu différent des précédents : il s'agissait d'ouvrir le couloir à tout l'écran et d'y introduire

un nombre conséquent d'individus afin d'observer des comportements collectifs de type foule, ainsi que les effets visuels associés.

3.5.1. Réglages du modèle

Séquences n° 01 à 06						
Écrire l'espace						
N°	Début	Durée	Titre	Informations Techniques	Date	Auteurs
01	13'18"	29"	Réglage du modèle	seminel/projet/Experimentation/2/foule_19.film	Juin 1998	AL - NT - NS
Modèle : Couloir avec un sas [4 portes automatiques] - 5 individus - Vitesse des individus différentes - Sans viscosité						
02	13'47"	33"	Réglage du modèle	seminel/projet/Experimentation/2/foule_17.film	Juin 1998	AL - NT - NS
Modèle : Couloir avec un sas [4 portes automatiques] - 10 individus - Vitesse des individus peu différentes - Sans viscosité						
03	14'20"	30"	Réglage du modèle	seminel/projet/Experimentation/2/foule_20.film	Juin 1998	AL - NT - NS
Modèle : Couloir avec un sas [4 portes automatiques] - 10 individus - Vitesse des individus différentes - Sans viscosité						
04	14'50"	33"	Réglage du modèle	seminel/projet/Experimentation/3/foule_25.film	Juin 1998	AL - NT - NS
Modèle : Couloir seul - 8 individus - Vitesse des individus différentes - Avec viscosité						
05	15'23"	35"	Réglage du modèle	seminel/projet/Experimentation/3/foule_28.film	Juin 1998	AL - NT - NS
Modèle : Couloir avec un sas [4 portes automatiques] - 8 individus - Vitesse des individus différentes - Avec viscosité						
06	15'58"	1'07"	Réglage du modèle	Rinolfi/Conduite_foule/Experimentation/26_foule.film	Juin 1999	AL - NT - SR
Modèle : Couloir avec un sas [4 portes automatiques] - 30 individus - Vitesse des individus différentes - Sans viscosité						
Figurer l'espace						
Représentation en plan - Les individus sont représentés par des cercles blancs sur fond noir, tous de taille identique. L'espace du couloir est symbolisé par deux traits horizontaux. Les portes sont elles aussi symbolisées par des traits verticaux.						
						
Expérimentation sans porte			Expérimentation avec portes			
						
Expérimentation avec peu d'individus			Expérimentation avec beaucoup d'individus			

Dire l'espace
<p>C'est dans ces premières séries d'expérimentations que les allers-retours sont les plus nombreux entre les phases de définition du modèle ainsi que de la recherche des paramètres et les phases de description des conduites et de validation des paramètres.</p> <p>Ce mode de représentation permet de mettre particulièrement en évidence :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les dynamiques liées aux interactions interindividuelles : évitement, dépassement, poussette (petite poussée ou légère bousculade), ralentissement, accélération, ajustement de vitesse, se mettre derrière quelqu'un, s'accoler à un autre, se détacher d'un autre... • Les interactions avec le cadre bâti : évitement, re-centrage, longer le mur, toucher les portes, attendre l'ouverture... • Les dynamiques collectives : bousculade, création de groupe, de file, formation de grappe, formation d'une arche, séparation de groupe, rotation... <p>L'ensemble des dynamiques commentées se trouve en annexe [3]. Quelques chronogrammes ci-dessous en illustrent certaines.</p>

Figure 44 : Séquences n°01 à 06

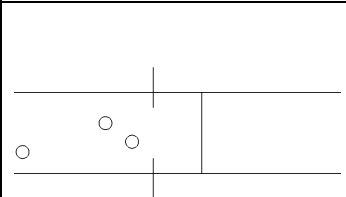
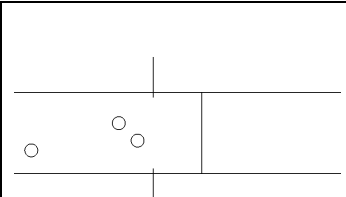
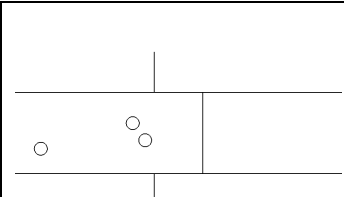
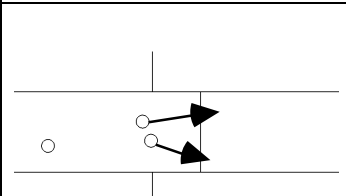
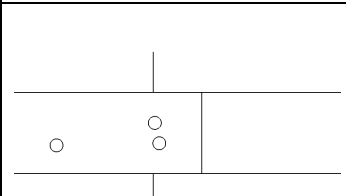
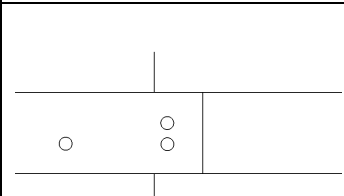
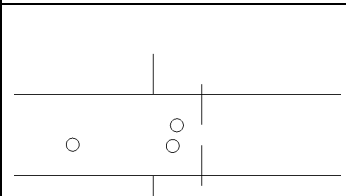
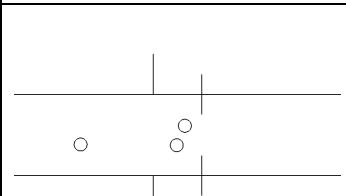
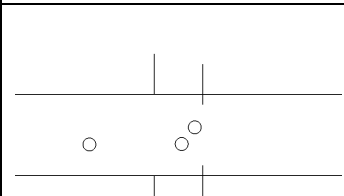
Chronogramme 1 - "Dépassement avec légère réorientation de trajectoire"		
<p>Dans le chronogramme suivant, une dynamique classique est illustrée. Il s'agit d'un dépassement effectué par une légère réorientation des trajectoires des deux individus (due à la bi-latéralité des interactions), évitant ainsi une collision. Selon la fourchette des paramètres saisis, on observe parfois des légères "collisions". Elles ont lieu en général lorsque la fluidité de l'ensemble est rompue par un événement (portes bloquées, individus qui change brusquement de trajectoire...).</p>		
 <p>image 400</p>	 <p>image 410</p>	 <p>image 420</p>
 <p>image 430</p>	 <p>image 440</p>	 <p>image 450</p>
 <p>image 460</p>	 <p>image 470</p>	 <p>image 480</p>

Figure 45 : Chronogramme "dépassement avec une légère réorientation de trajectoire" [Séquence n°01]

Chronogramme 2 - "Recentrage vers le milieu du couloir"

Le chronogramme suivant illustre le léger centrage des individus dans le couloir. Une série d'expérimentation a été nécessaire pour, en fonction des observations *in situ*, affiner les paramètres des interactions entre les murs et les individus (réglage des différentes zones et de leurs valeurs de répulsion ou d'attraction) :

- Recherche des paramètres pour la zone 2 : on observe qu'un réglage des paramètres a pour conséquence d'atténuer les chocs et les rebonds contre les murs (cf. la séquence n° 08 illustrant un réglage surprenant, paramétrage de la zone 2 sans raideur).
- Recherche des paramètres pour la zone 3 (une fois la zone 2 ajustées) : une raideur forte ou une zone large implique une trajectoire plus recentrée des individus. Le choix des paramètres, tel que le centrage reste léger, testé avec un faible débit, a ensuite été testé avec un fort débit : un individu a légèrement tendance à aller vers le centre, mais reste sur les côtés si il y a du monde.

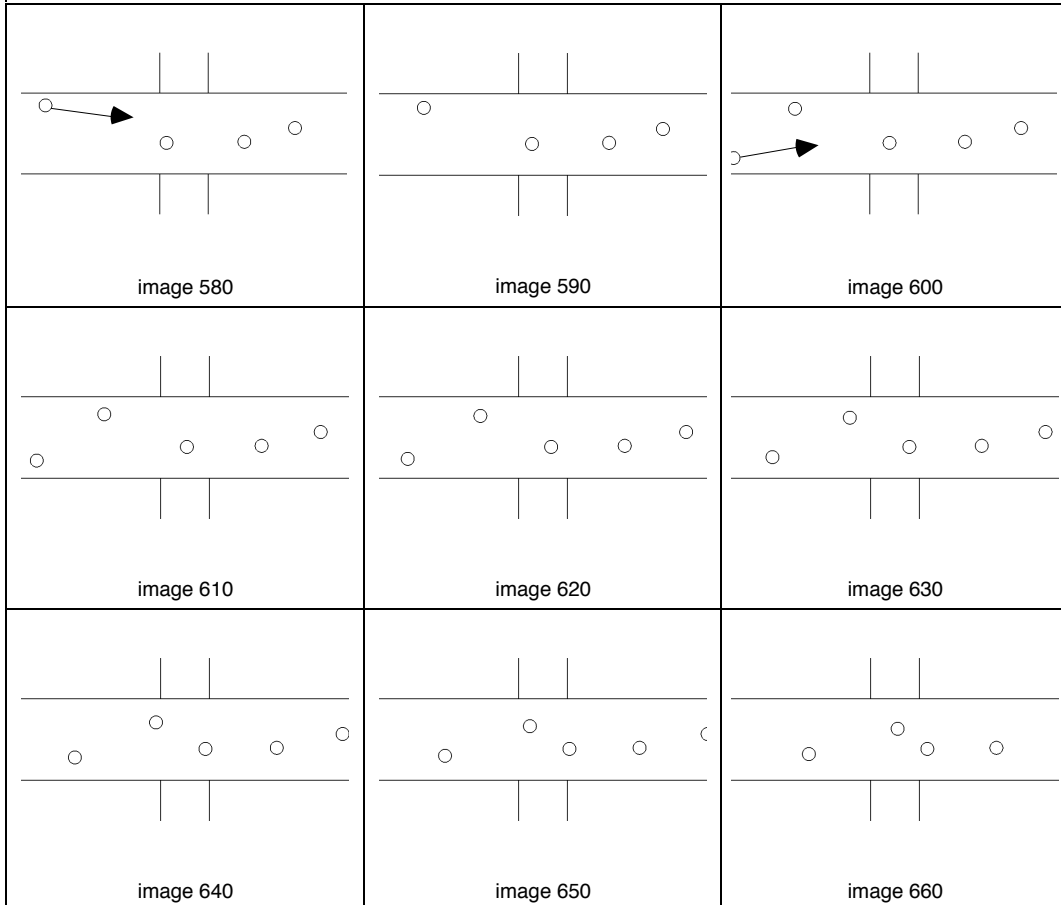


Figure 46 : Chronogramme "recentrage vers le milieu du couloir"
[Séquence n°01]

Chronogramme 3 - "Réoccupation de toute la scène en sortie de sas "

Les observations *in situ* montrent que les individus s'agencent différemment dans l'espace en cas de fort public ou en cas de faible occupation. Ce recentrage permettant un passage des portes "anticipés" ne devait pas empêcher une réoccupation de l'espace en sortie de sas, particulièrement en cas de grande foule. Il fallait donc que le centrage dû aux murs et aux portes soit compensé par les interactions interindividuelles.

Quand il y a peu d'individus, donc peu de pression entre eux, ils gardent à peu près leur trajectoire en sortie de sas. Quand le public est nombreux, les interactions sont plus fortes (donc la pression). Les individus réoccupent alors tout l'espace de la scène et peuvent doubler par les côtés, tout autant que de rester dans le groupe central dans lequel soit ils se faufilent soit ils s'ajustent à l'allure de ce petit collectif.

Ces dynamiques sont d'autant plus présentes et variées que les vitesses des individus en débuts de scène sont prises dans un intervalle assez large.

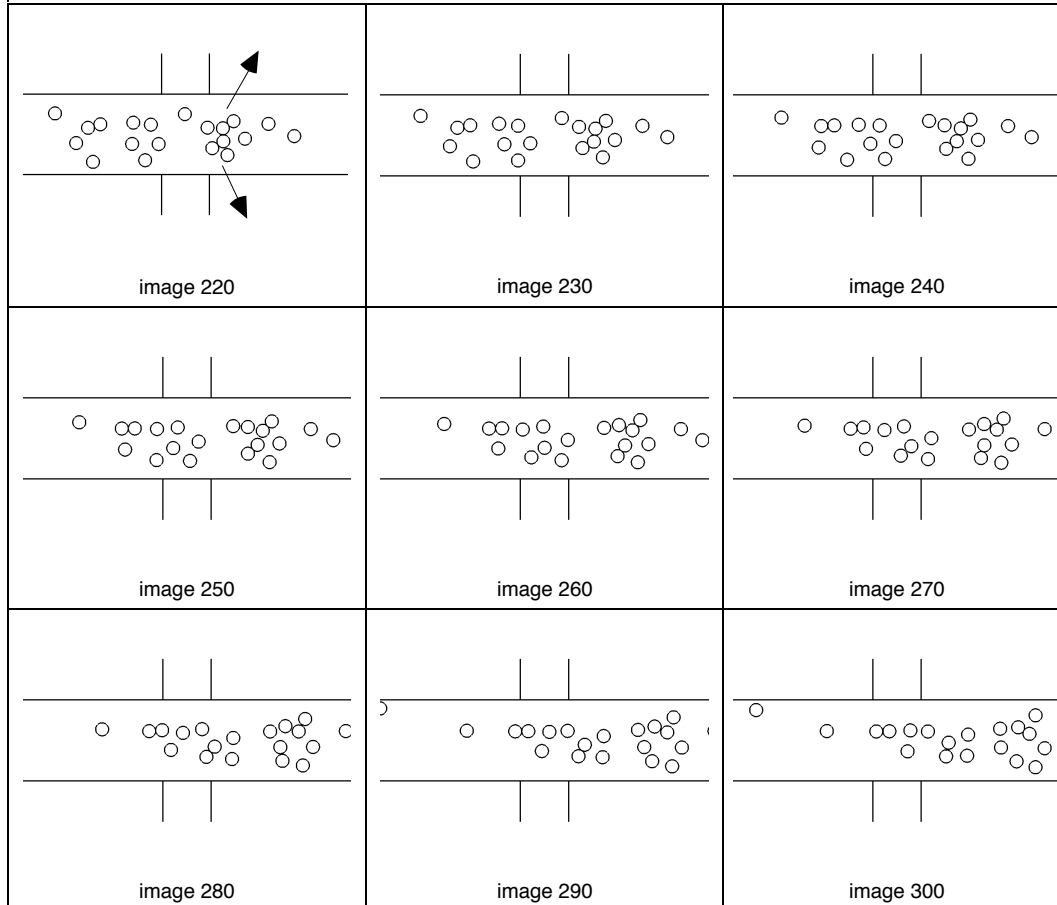


Figure 47 : Chronogramme "réoccupation de toute la scène en sortie de sas" [Séquence n°03]

Chronogramme 4 - "Changement brusque de trajectoire"

On remarque dans les observations *in situ* beaucoup de dynamiques d'ajustement à la proximité des portes du sas. Il était important d'arriver à trouver des paramètres qui en permettraient un certain nombre. On remarque des ralentissements, des changements de trajectoires brusques, des arrêts devant les portes, des hésitations...

Le paramétrage de la zone 3 des interactions individus-portes permet selon les valeurs affectées de générer ces dynamiques. La diversité des attitudes envers le sas provient à la fois des valeurs de l'intervalle pour les paramètres de cette liaison et du contexte en cours d'action.

Le chronogramme ci-dessous montre un changement brusque de trajectoire afin de se recentrer pour ne pas faire une collision avec la porte.

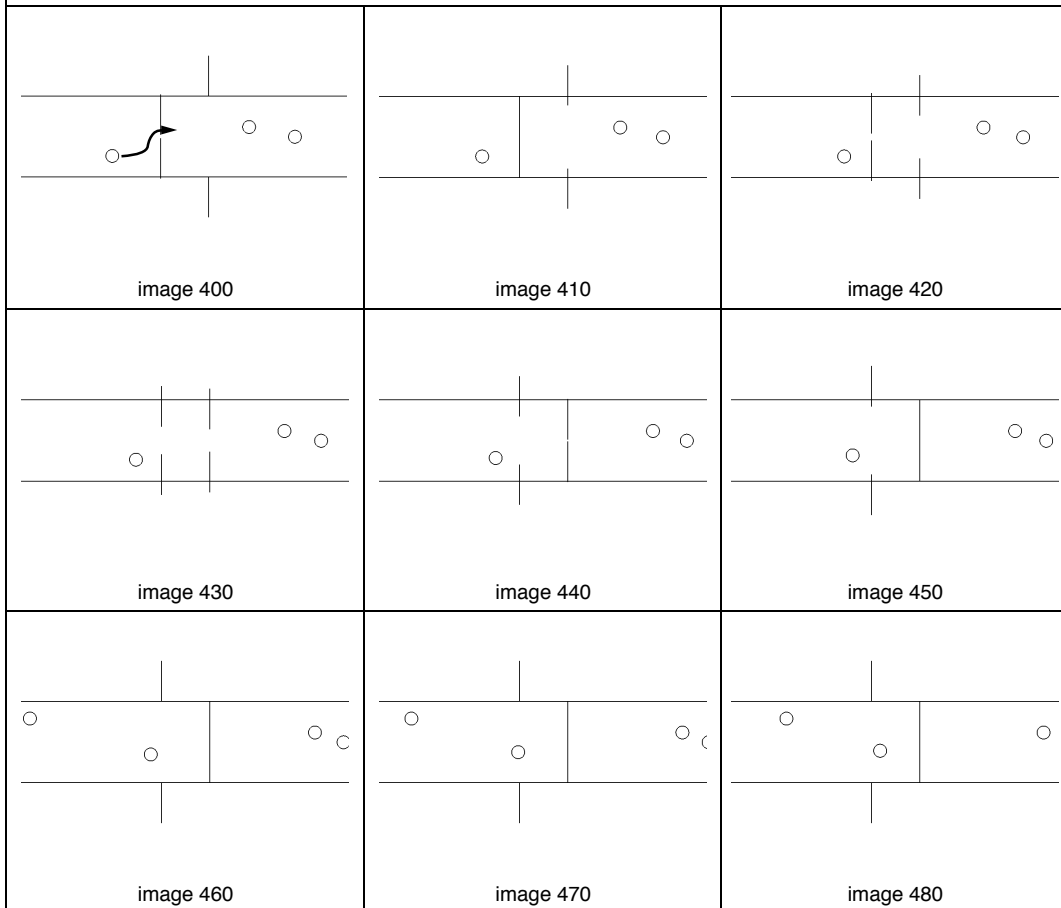


Figure 48 : Chronogramme "changement brusque de trajectoire"
[Séquence 02]

Chronogramme 5 - "Rotation à trois - introduction de la viscosité"

Dans les chronogrammes précédents, le paramétrage de la viscosité était mis à zéro. L'introduction de la viscosité a été uniquement fait dans une zone d'interaction qui est inférieure au seuil paramétré pour la raideur. Le choix était de faire jouer la viscosité uniquement en cas de proximité suffisante.

La viscosité a modifié certaines dynamiques : en effet, la viscosité génère dans les interactions interindividuelles de proximité des ajustements de trajectoires et de vitesses. En général, si la viscosité est forte, les dynamiques se stabilisent par l'auto-ajustement des vitesses et des trajectoires des individus entre eux.

Mais, la viscosité a aussi fait apparaître d'autres dynamiques nouvelles. L'exemple ci-dessous illustre le cas où l'un des individus ayant une plus forte vitesse que les autres, il entraîne d'abord dans son passage ceux qu'il double, puis par ajustement des vitesses, ils s'associent et se mettent en rotation.

La raideur, qui dépend de la position, définit plutôt des zones de pression dans les interactions (attractives ou répulsives) tandis que la viscosité, qui dépend de la vitesse, définit plutôt des zones de mélanges et d'ajustement.

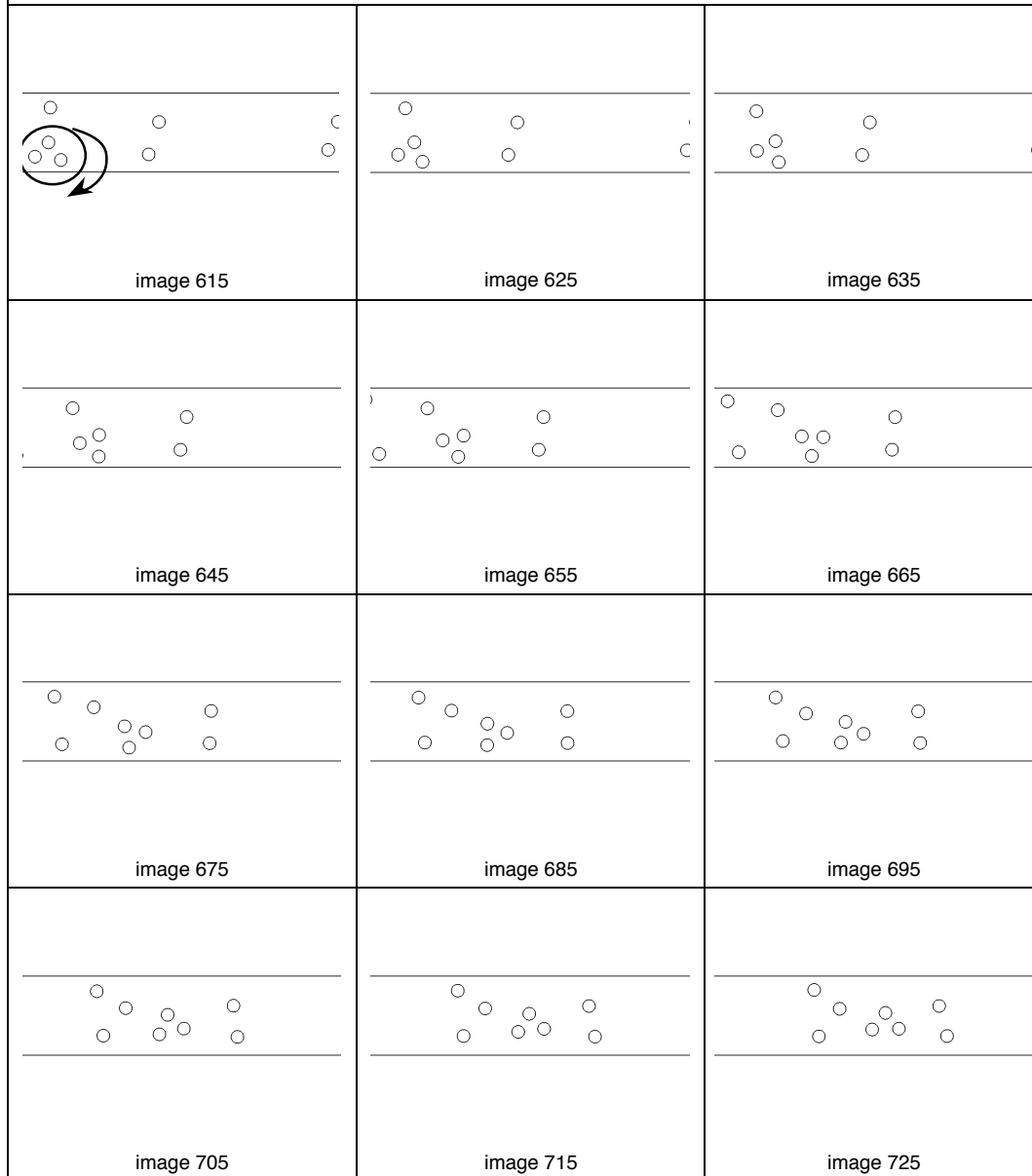


Figure 49 : Chronogramme "Figure de rotation" Rôle de la Viscosité [Séquence n°04]

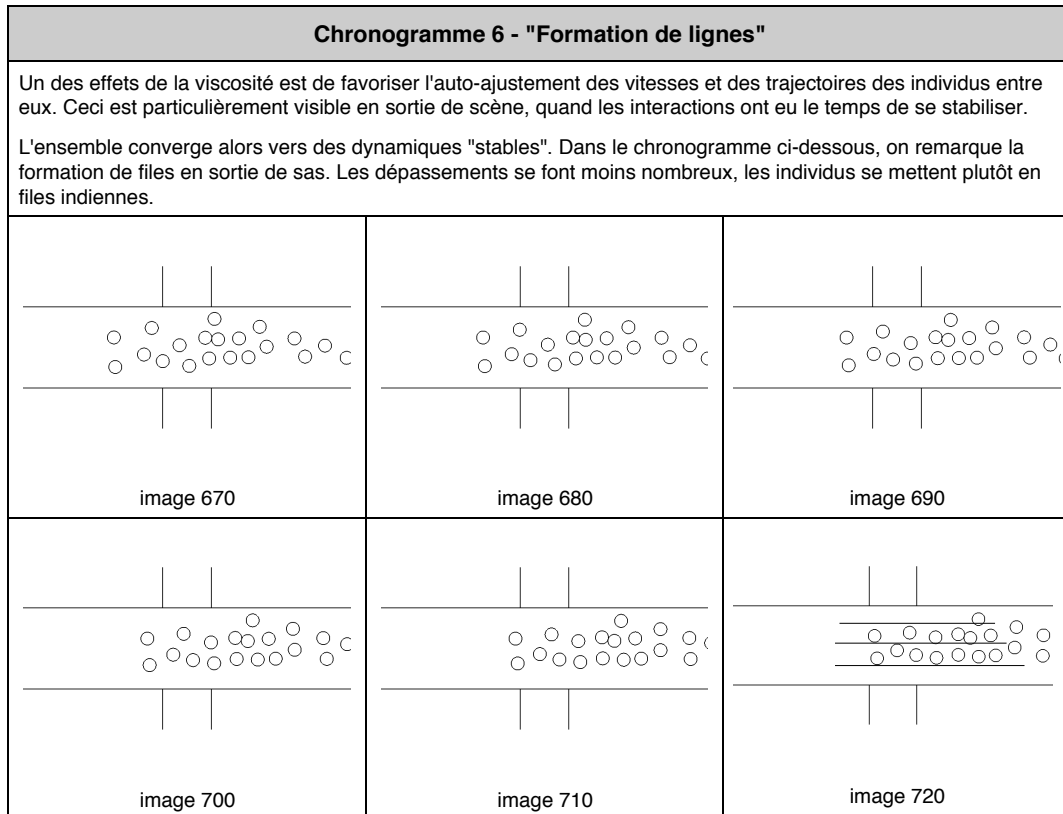


Figure 50 : Chronogramme "Formation de files" [Séquence n°13]

3.5.2. Quelques problèmes de réglage

La définition du modèle et le réglage des paramètres ne vont pas sans générer quelques problèmes, voire quelques surprises. Le lien entre le paramétrage des modules et les dynamiques générées n'est pas direct, il nécessite plusieurs séries d'expérimentations avant de pouvoir le maîtriser en partie. Nous reprenons ci-dessous quelques-uns des problèmes rencontrés. Les chronogrammes permettent d'en illustrer les plus "voyants".

La définition du modèle et l'affinement des valeurs pour les réglages se réalisent *in fine* relativement vite. Les feuilles d'expérimentations permettent à cet effet de rapidement cerner les intervalles de valeurs pour les différents modules.

Séquences n° 07 à 11						
Écrire l'espace						
N°	Début	Durée	Titre	Informations Techniques	Date	Auteurs
07	17'05"	35"	Quelques pbs de réglages	~seminel/projet/Experimentation/0/demo.flm	Juin 1998	AL - NT - NS
Modèle : Couloir avec un sas - Pb. Sas 1 ^{ère} version comportement instable des portes						
08	17'40"	34"	Quelques pbs de réglages	~seminel/projet/Experimentation/1/foule_01.flm	Juin 1998	AL - NT - NS
Modèle couloir avec sas - 16 individus - sans viscosité -> Pb. Rebonds de type "balle folle"						
09	18'14"	30"	Quelques pbs de réglages	~seminel/projet/Experimentation/1/foule_06.flm	Juin 1998	AL - NT - NS
Modèle couloir avec sas - 5 individus - sans viscosité -> Pb. Nombreuses collisions avec les portes						
10	18'44"	26"	Quelques pbs de réglages	~seminel/projet/Experimentation/1/foule_13.flm	Juin 1998	AL - NT - NS
Modèle couloir avec sas et cloisons sur le côté -> Pb. Portes ouvertes trop répulsives						
11	19'10"	32"	Quelques pbs de réglages	~seminel/projet/Experimentation/1/foule_15.flm	Juin 1998	AL - NT - NS
Modèle couloir avec sas et cloisons sur le côté -> Pb. Individus immobilisés dans les coins						
Figurer l'espace						
Représentation en plan - Les individus sont représentés par des cercles blancs sur fond noir, tous de taille identique. L'espace du couloir est symbolisé par deux traits horizontaux. Les portes sont elles aussi symbolisées par des traits verticaux.						
Dire l'espace						
<p>Séquence 07 : voir chronogramme n°7.</p> <p>Séquence 08 : lors des premiers paramétrages, les interactions entre les individus et les murs du couloir prenaient en compte seulement deux zones. La première correspondait à la non-pénétrabilité dans le mur et la seconde à sa "rugosité". Les deux étaient des valeurs de répulsion. Lorsqu'un individu arrivait avec de la vitesse, il n'y a pas de zone qui le réoriente ou qui le fait ralentir. Tout se passe alors comme si les individus viennent cogner contre le mur et que celui-ci les renvoie vivement dans la scène, telles des balles folles entre deux murs ! L'introduction d'une zone 3 dans les interactions et la diminution de la raideur de la zone 2 ont permis de régler ce problème.</p> <p>Séquence 09 : Cette séquence illustre le cas d'un réglage en raideur trop faible des paramètres entre les individus et les portes. On assiste alors à de nombreuses collisions, particulièrement quand les individus ont une vitesse importante.</p> <p>Séquence 10 : La définition du cadre bâti permet de configurer des portes automatiques plus petites que la demie largeur du couloir. Le modèle place alors deux cloisons perpendiculaires aux murs dans lesquels les portes coulissent. Les cloisons sont définies comme les portes par une série de MAT, mais sans l'automatisme d'ouverture. Les séquences 10 et 11 illustrent un problème lié à la définition du modèle qui sert de référence. En effet, quand les portes sont fermées, les zones d'interactions entre les individus et les portes ou cloisons sont homogènes, du moins si elles sont définies ainsi. Le problème arrive quand les portes s'ouvrent et viennent se superposer avec les cloisons. Là, les deux visuellement ne font qu'une, mais les forces liées aux interactions, elles, par contre, s'additionnent... Et par là même, elles rendent la zone deux fois plus répulsive. Cette répulsion entraîne alors un fort recentrage des individus au milieu du couloir. Cela entraîne parfois aussi un blocage au centre lorsqu'un individu arrive trop doucement sans pouvoir grâce à sa vitesse passer à travers cette zone doublement répulsive.</p> <p>Séquence 11 : Le choix a été fait alors dans une autre expérimentation de ne pas paramétrer une zone de répulsion trop forte pour les cloisons... Mais, et c'est l'illustration du second chronogramme ci-dessous, l'effet inverse se produit, des individus restent coincés, immobiles devant les cloisons, repoussés en permanence dans l'angle par les forces de répulsion des portes qui s'ouvrent. Le modèle a été corrigé par un artifice logique qui consiste à annuler les liaisons avec les portes quand celles-ci sont entre les parois de la cloison, invisibles en quelque sorte.</p>						

Figure 51 : Séquences n°07 à 11

Chronogramme 7 - "Sas en difficulté"

Un premier modèle de sas avait été défini. Sans rentrer dans ses détails, il était constitué par des ensemble de masses en liaisons de type "voisins à voisins" mais aussi en liaisons croisées pour rigidifier les portes. Ces modules étaient "motorisés" par des attracteurs physiques et maintenus rectiligne par des liaisons avec des éléments lointains qui servaient de guidage à leur ouverture fermeture. Ce système, complexe et relativement "artificiel", bien que physique, fonctionnait. Mais étant donné sa nature, il n'était pas totalement hermétique à l'action des individus qui interagissaient avec ses éléments. Le sas peut alors rentrer en résonance et aller jusqu'à "fuir" sa position initiale quand les forces encaissées devenaient plus grandes que celles qui le maintenaient en place.

Même s'il est intéressant d'avoir des éléments du cadre bâti qui puissent se modifier, voire se casser en fonction de ce qu'ils subissent, dans le cas de notre étude, nous étions quand même intéressé à avoir un sas qui supporte un peu mieux que celui-ci les interactions des individus. Un automate logique plus performant a permis de résoudre ce problème.

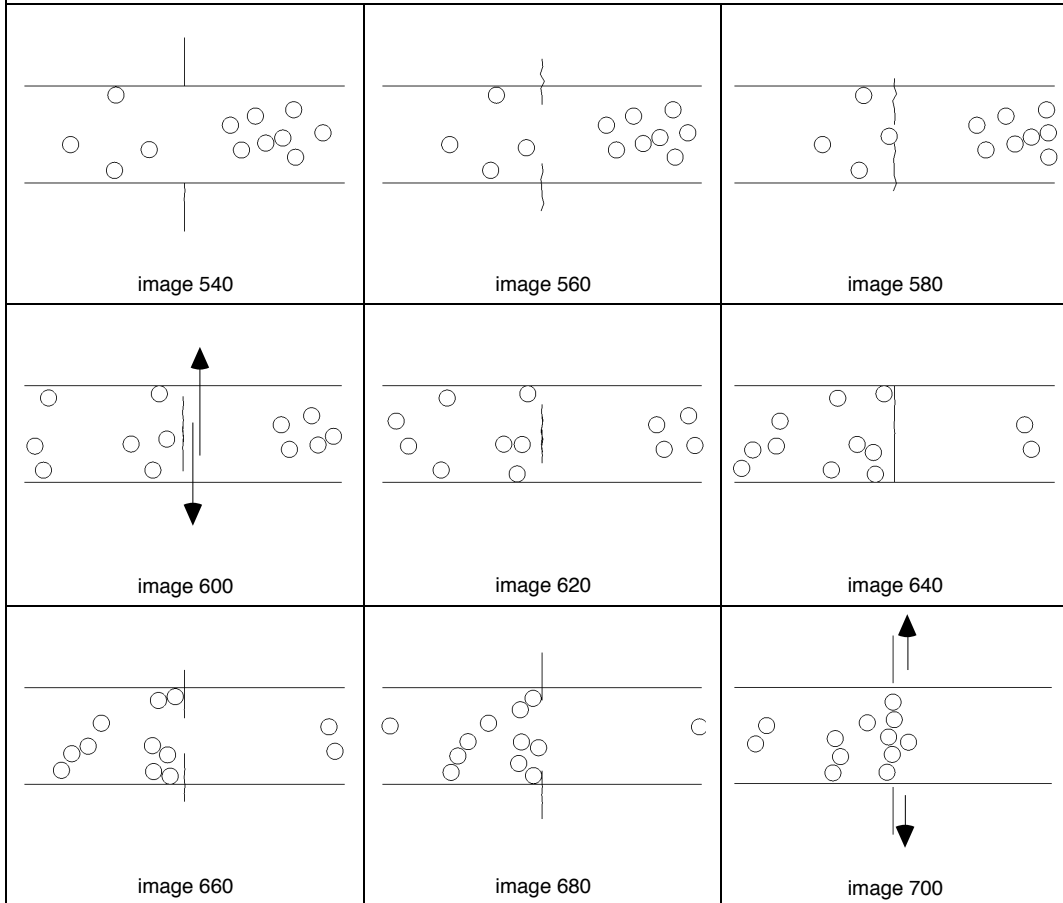


Figure 52 : Chronogramme "Sas en difficulté" [séquence n°07]

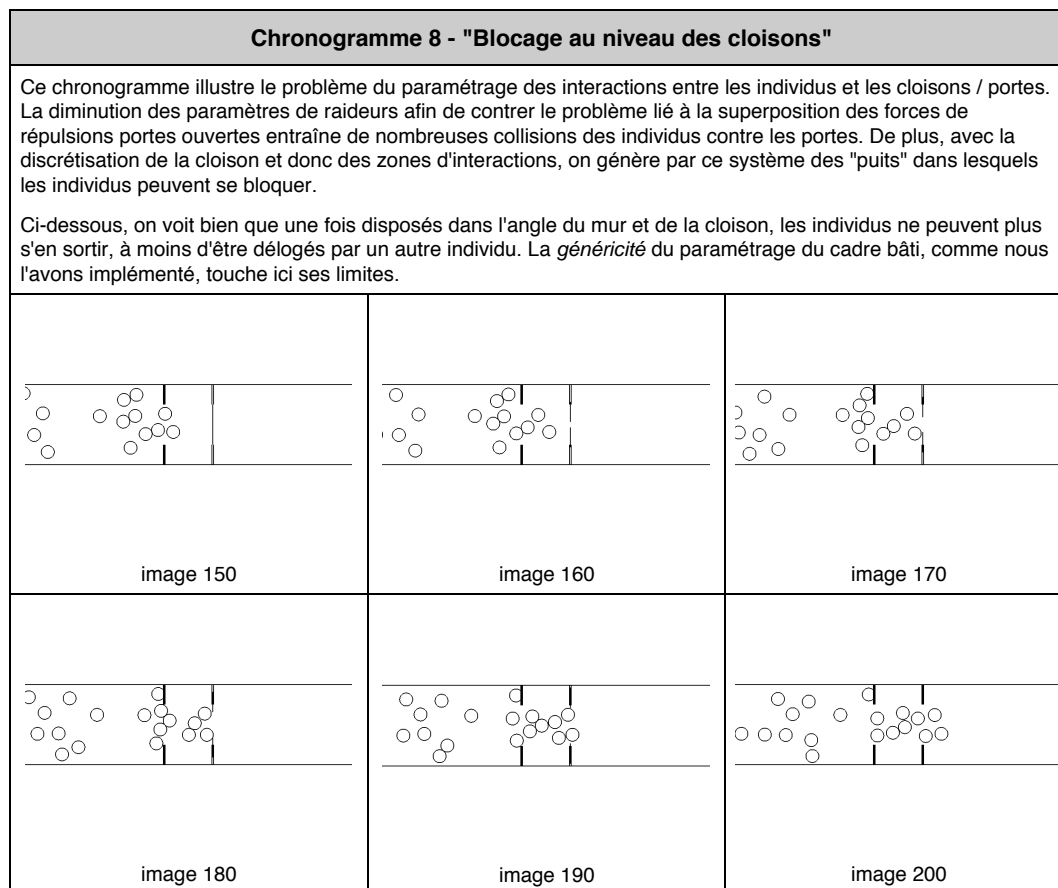


Figure 53 : Chronogramme "blocage au niveau des cloisons"

3.5.3. Introduction d'incidents

Afin d'éprouver encore plus la robustesse des paramètres du modèle, il est intéressant de le soumettre à des configurations un peu "extrêmes". Ces expérimentations ont permis de révéler de nouvelles organisations dynamiques. La modularité implémentée pour la définition du cadre bâti, ainsi que le caractère dynamique de celui-ci, offrent un nombre de configurations possibles important. Mais ces nouvelles configurations ne sont pas pour autant complètement farfelues. Elles correspondent à des cas que l'on retrouve *in situ* : situation de grandes foules (du type évacuation en urgence de lieu public : stade, cinéma, métro...), situation où les portes restent bloquées avec du public qui arrive, situation de mauvais fonctionnement des portes entraînant un passage délicat, objet ou personne qui encombre le passage...

Séquences n° 12 à 15						
Écrire l'espace						
N°	Début	Durée	Titre	Informations Techniques	Date	Auteurs
12	19'42"	34"	Introduction d'incidents	seminel/projet/Experimentation/2/foule_24.flm	Juin 1998	AL - NT - NS
Modèle couloir avec sas - 20 individus - sans viscosité -> Rayon de détection très petit						
13	20'16"	34"	Introduction d'incidents	seminel/projet/Experimentation/3/foule_30.flm	Juin 1998	AL - NT - NS
Modèle couloir avec sas - 20 individus - sans viscosité -> Ouverture lente						
14	20'50"	1'23"	Introduction d'incidents	rinolfi/Conduite_foule/Experimentation/27_foule.flm	Juin 1999	AL - NT - SR
Modèle couloir avec sas - 10 individus - avec viscosité -> rayon de détection diminué						
15	22'13"	1'22"	Introduction d'incidents	rinolfi/Conduite_foule/Experimentation/31_foule.flm	Juin 1999	AL - NT - SR
Modèle couloir avec sas - 20 individus - avec viscosité -> Portes à ouverture et fermeture rapide						
Figurer l'espace						
Représentation en plan - Les individus sont représentés par des cercles blancs sur fond noir, tous de taille identique. L'espace du couloir est symbolisé par deux traits horizontaux. Les portes sont elles aussi symbolisées par des traits verticaux.						
Dire l'espace						
<p>Séquence 12 : Le paramétrage du sas est modifié. Le rayon de détection pour l'ouverture des portes est très petit. Ce paramétrage permet de simuler une ouverture manuelle où pour que les portes s'ouvrent, il faut se placer devant la jointure des deux vantaux. Cette configuration entraîne des situations originales : regroupement devant les portes, "prisonniers" à l'intérieur du sas, quelques collisions, situation d'attente (comme si on attendait que quelqu'un ouvre la porte et après on peut y aller), évacuation du sas en groupe, etc.</p> <p>Séquence 13 : Le paramétrage du sas est modifié. Les portes s'ouvrent et se referment très doucement. Voir chronogramme ci-dessous [formation d'une grappe en sortie de sas]</p> <p>Séquence 14 : Le paramétrage du sas est modifié idem séquence 12, mais avec un nombre d'individus de 10 au lieu de 20. Séquence très riche en dynamiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conduites collectives : diverses formations de groupe : grappe en sortie de sas, mais aussi arrangement d'individus en forme de "<" toujours en sortie de sas, stabilité de ces formes, etc. • Conduites en rapport au sas : arrêt devant les portes, redémarrage, légers reculs, portes qui viennent surprendre et bousculer les individus, etc. Un individu reste temporairement prisonnier du sas. • Conduites interindividuelles : nombreuses attitudes, évitements, accolades, petites poussées, dépassements, etc. <p>Séquence 15 : Le paramétrage du sas est modifié. Les portes s'ouvrent et se referment à grande vitesse. Cette séquence comme la précédente est riche dans la diversité des conduites que l'on peut y observer (idem séquence 14). Elle servira de modèle pour tester plusieurs méthodes de visualisation.</p> <p>On y voit la création d'une ligne de front devant les portes en train de s'ouvrir et de se fermer, la création de groupes aidée par le cisaillement rapide des portes ; on observe un resserrement dans le sas et une réoccupation de l'espace du couloir en sortie, etc.</p> <p>Une partie des dynamiques commentées se trouve en annexe [3]. Des chronogrammes ci-dessous en illustrent deux.</p>						

Figure 54 : Séquences n°12 à 15

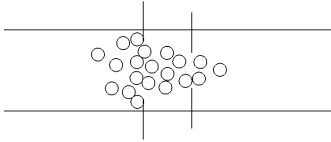
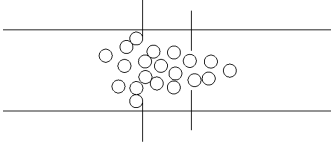
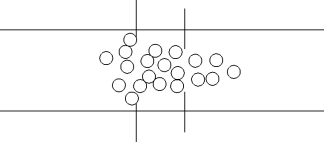
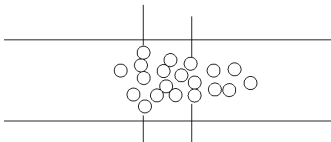
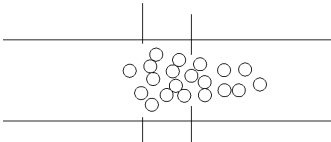
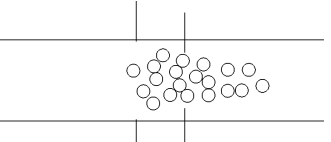
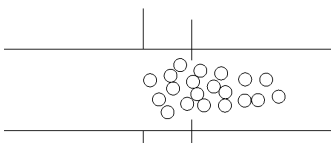
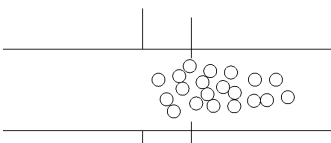
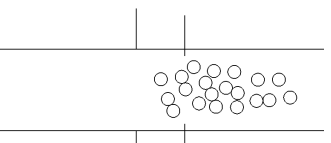
Chronogramme 10 - "Formation d'une grappe"		
<p>Le paramétrage du sas est modifié. Les portes s'ouvrent et se referment très doucement. On y observe une forme caractéristique de grappe lors du passage du sas. En fin de scène, la grappe s'allonge. On retrouve alors des alignements en file indienne et des débuts de dépassement par les côtés. Dans une grappe, chaque individu est quelque peu effacé par la forme du groupe. Cette formation, nécessitant des co-ajustements permanents, entraîne un ralentissement du groupe</p>		
 <p>image 270</p>	 <p>image 280</p>	 <p>image 290</p>
 <p>image 300</p>	 <p>image 310</p>	 <p>image 320</p>
 <p>image 330</p>	 <p>image 340</p>	 <p>image 350</p>

Figure 55 : Chronogramme "Formation d'une grappe" [Séquence n°13]

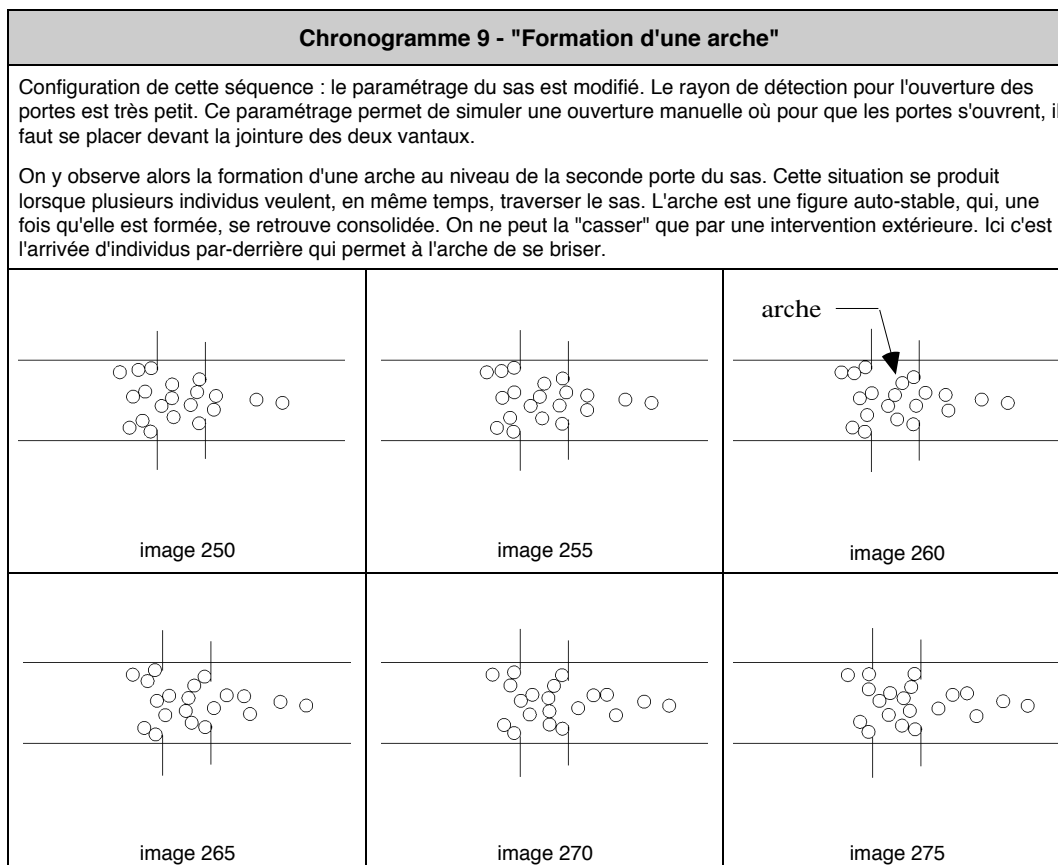


Figure 56 : Chronogramme "Formation d'une arche" [Séquence non fournie]

3.5.4 Méthodes de visualisation

Chaque simulation numérique d'un modèle peut être représentée par différentes techniques de visualisation. Chacune de ces techniques présente des avantages et des inconvénients selon ce que l'on cherche à observer. Les différentes techniques développées sont paramétrables.

Quelques unes des séquences commentées ci-dessous ont été utilisées lors d'une séance d'observation récurrente. Les résultats de ces descriptions sont en annexe [3] : "Conduites de cheminement : Observation récurrente de séquences numériques".

Correspondance des séquences (en gras, les séquences correspondant aux méthodes de visualisation) : A1 (09), A2 (06), A3 (14), A4 (15), B1 (**17**), B2 (**18**), B3 (**16**), B4 (**22**), C1 (**27**), C2 (**28**), C3 (**29**), C4 (absente).

Séquence n° 16

Écrire l'espace

N°	Début	Durée	Titre	Informations Techniques	Date	Auteurs
16	23'35"	38"	Méthodes de visualisation	seminel/projet/povray/film2.flm	Juin 1998	AL - NT - NS

Modèle couloir avec sas - 12 individus - avec viscosité

Figurer l'espace

Principes de visualisation :

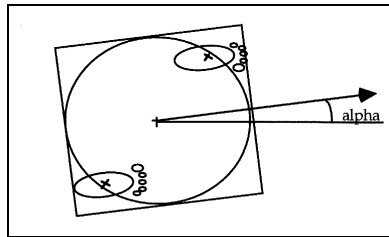
Représentation de la scène en plan - vue par-dessus.

Les murs, les cloisons et les portes sont dessinés de façon "réaliste", c'est-à-dire géométriquement avec un ajout de texture.

Les individus subissent un traitement particulier. En effet, chaque individu est remplacé par une paire de pieds.

Technique de visualisation :

- Détermination pour chaque pied des images où il y aurait un changement du pied d'appui à partir d'une fourchette de valeurs prédéterminée (fréquence au moins un pas par seconde).
- Détermination pour ces images de l'orientation des pieds. Cette orientation au pas n est extrapolée entre la position $n-1$ et la position $n+1$ des individus (position correspondant au MAT, ou plus visuellement au centre du cercle en représentation classique).
- Détermination de la position de chacun des pieds qui se fait selon un angle (α) de changement entre les positions $n-1$ et $n+1$. À chaque changement, un pied arrive au bord du cercle délimitant habituellement un individu, l'autre pied est situé à l'opposé en arrière.



- Détermination des orientations et des positions des pieds entre chaque "pas d'appel" par interpolation entre deux "pas d'appels". La fonction d'interpolation est croissante sur la première moitié du pas et décroissante sur la seconde moitié. Cette technique permet d'avoir la sensation d'un pas "glissé".

Outil numérique utilisé : logiciel PoVRay.

Dire l'espace

Cette méthode de représentation individualise les individus de par le fait de leur donner : une direction, une orientation, une couleur différente, un rythme de pas différent.

Les rotations des individus sur eux-mêmes deviennent visibles et signifiantes. On y lit des actions : attente, piétinement, accélération, hésitation, le fait de se mettre à suivre et à rattraper quelqu'un devient très explicite. On y voit aussi des rencontres, des attitudes de politesse", etc.

Par moments, les pieds "s'emballent", se croisent dans des positions humainement peu possibles. Ces configurations sont dues au fait que les individus sont définis de façon isotrope. Ils n'ont ni devant ni arrière, alors que le dessin des pieds de lui-même implique une anisotropie.

En résumé, cette méthode personnalise les individus en mettant en évidence leur direction, leur orientation et leur accélération. Elle favorise l'observation des conduites individuelles.

Cette séquence est commentée en annexe [3].

Figure 57 : Séquence n°16

Séquence n° 17

Écrire l'espace

N°	Début	Durée	Titre	Informations Techniques	Date	Auteurs
17	24'13"	1'22"	Méthodes de visualisation	rinolfi/visu/vision -f31_foule.film -t 40	Juin 1999	AL - NT - SR

Modèle couloir avec sas - 20 individus - avec viscosité -> Portes à ouverture et fermeture rapide
Ce film est issu du même modèle et de la même simulation que la séquence 15 - seule change la représentation

Figurer l'espace

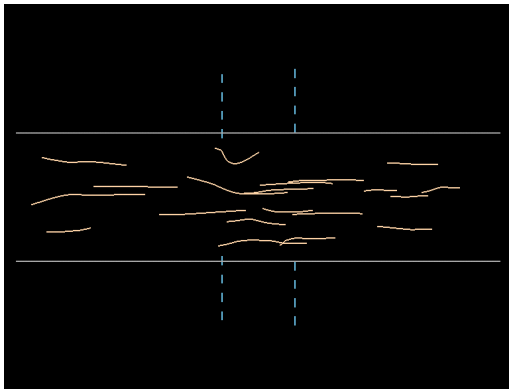


Image 1314

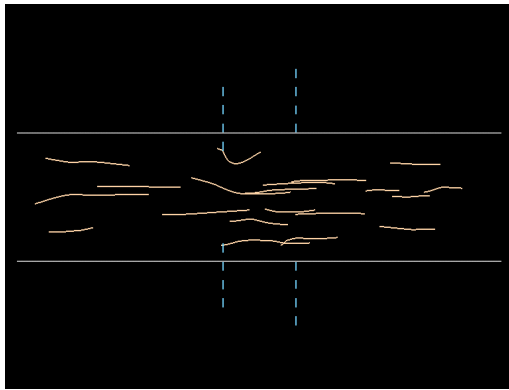


Image 1315

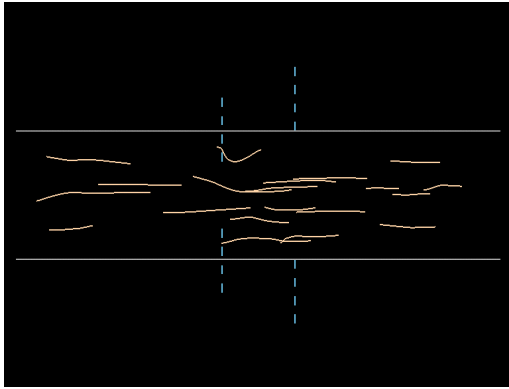


Image 1316

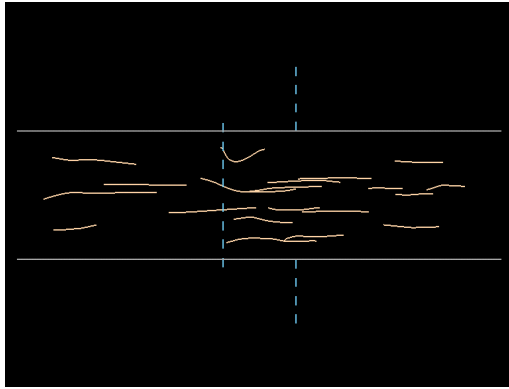


Image 1317

Principes de visualisation : L'idée générale est de garder la trace du déplacement de chaque individu pendant un temps donné. "En avançant, je laisse derrière moi des traces sur mon chemin."²⁰⁵

Technique de visualisation : Il suffit de conserver la trace des positions des individus durant un nombre d'image précisé par l'utilisateur. De ce fait, les individus ayant une forte vitesse ont une trace plus longue que ceux qui ont une vitesse moindre. Un individu qui est à l'arrêt reste un point. Cette séquence correspond à temps de rémanence de 40 images [rappel, le film se déroule en 25 images par seconde]. Cette technique a nécessité le développement d'un module spécifique nommé Vision - il utilise le fichier des positions issu de la simulation [.flm].

Dire l'espace

En résumé, cette méthode met en évidence les arrêts, les vitesses, les moindres changements de direction, les croisements de trajectoire, les légers retours en arrière, les alignements.

Elle ne rend pas compte des rotations des individus. La vision de groupe devient très difficile. Elle met en évidence toutes les dynamiques individuelles, les plus petites soient-elles.

Cette séquence est commentée en annexe [3]

Figure 58 : Séquence n°17

²⁰⁵ Minkowski Eugène (1999). *Vers une cosmologie*, Op. Cit., p. 215.

Séquence n° 18

Écrire l'espace

N°	Début	Durée	Titre	Informations Techniques	Date	Auteurs
18	25'35"	1'05"	Méthodes de visualisation	rinolfi/visu/vision -t 2000 -f31_foule.flm	Juin 1999	AL - NT - SR

Modèle couloir avec sas - 20 individus - avec viscosité -> Portes à ouverture et fermeture rapide

Ce film est issu du même modèle et de la même simulation que les séquences 15 et 17 - seule change la représentation

Figurer l'espace

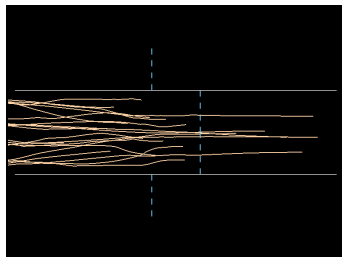
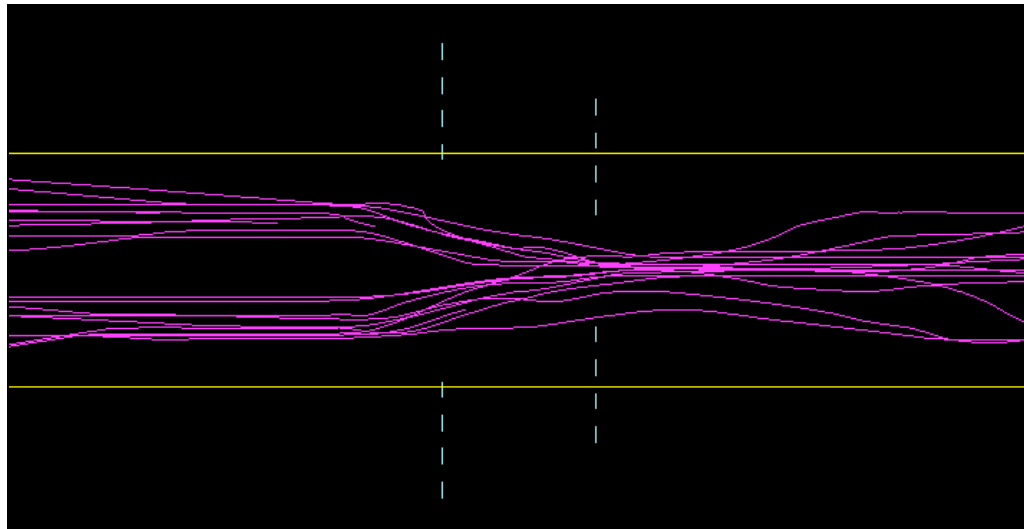


Image 0245

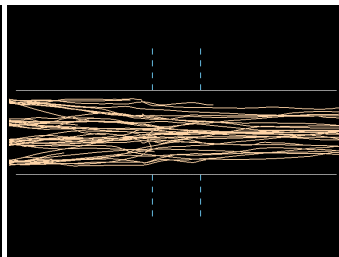


Image 0629

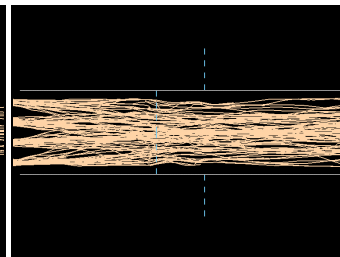


Image 1628

Principes de visualisation : L'idée générale est de garder la trace du déplacement de chaque individu et de ne jamais l'effacer durant toute la séquence.

Technique de visualisation : Idem que la séquence précédente, sauf que le temps de rémanence est fixé à une valeur supérieure ou égale au nombre d'images de la séquence. [2000 images dans le cas de cette séquence]

Dire l'espace

Cette technique met en évidence l'espace des conduites. On finit par perdre toute vision des dynamiques. On retrouve à gauche le système des injecteurs qui font entrer les individus en scène [ici le choix était d'en avoir 4 uniquement]. Au niveau du sas, on remarque deux creux dans le flux. Ils sont situés juste après le passage de chaque double porte automatique. Ils correspondent aux légères déviations pour éviter les portes. La réoccupation de l'espace jusqu'au bord du couloir se fait peu après.

En résumé, cette méthode met en évidence l'espace des conduites. On passe au fur et à mesure que l'espace se remplit de trajectoires d'une vision des dynamiques avec leurs évolutions temporelles à une vision purement spatiale par un remplissage plus ou moins dense. On peut observer ainsi les densités "d'occupation". Cette méthode permet de mettre en valeur les lieux des différentes interactions ou de non interaction entre les individus et le cadre bâti.

Cette méthode ne rend pas compte des dynamiques individuelles ni de la formation et de la dynamique des groupes.

Cette séquence est commentée en annexe [3].

Figure 59 : Séquence n°18

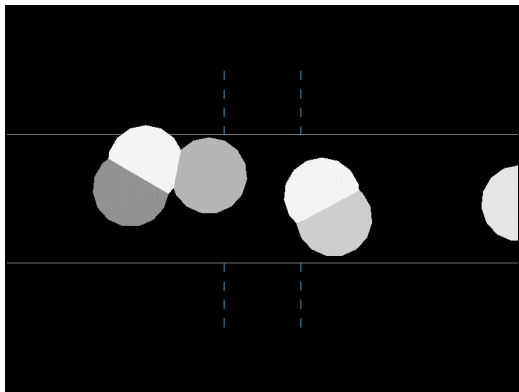
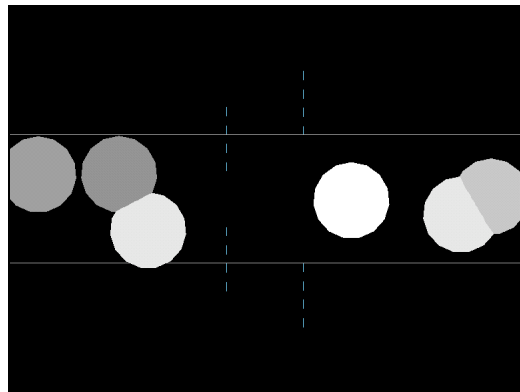
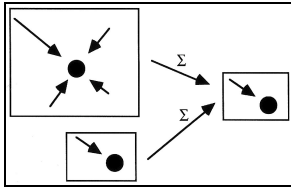
Séquence n° 19						
Écrire l'espace						
N°	Début	Durée	Titre	Informations Techniques	Date	Auteurs
19	26'40"	1'02"	Méthodes de visualisation	svensson/Experimentation/Exp02.flm -d 0.30 -dtc	13 juin 2000	AL - NT - MS
Modèle couloir avec sas - 8 individus - avec viscosité						
Figurer l'espace						
						
Image 0867			Image 1247			
<p>Principes de visualisation : L'idée générale de pouvoir paramétrer la dimension des disques à l'affichage et de les modifier en fonction de l'intensité des forces que reçoit chaque individu.</p> <p>Technique de visualisation : Les capteurs MAT détectent lors de la simulation l'amplitude de la somme des forces qui sont lui sont appliquées à chaque pas de calcul. L'intensité des niveaux de gris est fonction de ces valeurs pour varier. Afin de rester toujours visible en évolution, la variation suit une courbe logarithmique. Aucune attention n'est donnée à la direction et à l'orientation de la somme résultante des forces qui lui sont appliquées. Il se peut que plusieurs forces appliquées à un même MAT s'annulent dans leur somme.</p>						
						
<p>Cette technique a nécessité le développement d'un module spécifique à l'intérieur du programme Vision - il utilise le fichier des positions issu de la simulation [.flm] et le fichier des événements détectés par les capteurs [.dtc].</p>						
Dire l'espace						
<p>Cette simulation permet de se rendre compte pour l'expérimentateur du rôle de certaines interactions et de la force relative de certains paramétrages. La taille importante paramétrable des individus permet de bien voir les passages de l'un à l'autre. On remarque que les individus qui ont une plus grande vitesse ont en général une amplitude (somme des forces) plus importante que ceux qui ont une vitesse moindre.</p> <p>Sur une image arrêtée, cela nous permet de déduire qui va vite et qui va doucement parmi les individus isolés. Lorsque des individus sont accolés ou en groupe, il est aisé de savoir lesquels subissent le maximum d'interaction, etc.</p> <p>Dans les interactions entre les individus et les portes, on remarque que lorsqu'un quelqu'un reste en attente devant une porte, la somme des forces qu'il subit est faible, renforçant alors sa <i>staticité</i> en général passagère. On peut en déduire qu'il y a une compensation entre les forces de l'attracteur situé au loin et les forces de répulsion des éléments qui composent les portes. L'ensemble de ces deux forces donne une résultante assez faible.</p> <p>En résumé, cette méthode met en évidence la résultante des forces qui s'applique sur chaque individu. Cela permet de mieux comprendre et analyser certains arrangements (accolades, séparation, rapport aux portes, etc.) et certaines dynamiques (dépassements, passage d'une interaction à une autre, etc.).</p> <p>Cette technique ne permet pas de rendre compte des rotations des individus, ni des petites dynamiques de conduites. Malgré l'information ajoutée par l'intensité dans la représentation, il reste parfois difficile dans beaucoup de situations d'analyser les raisons de cette intensité.</p>						

Figure 60 : Séquence n°19

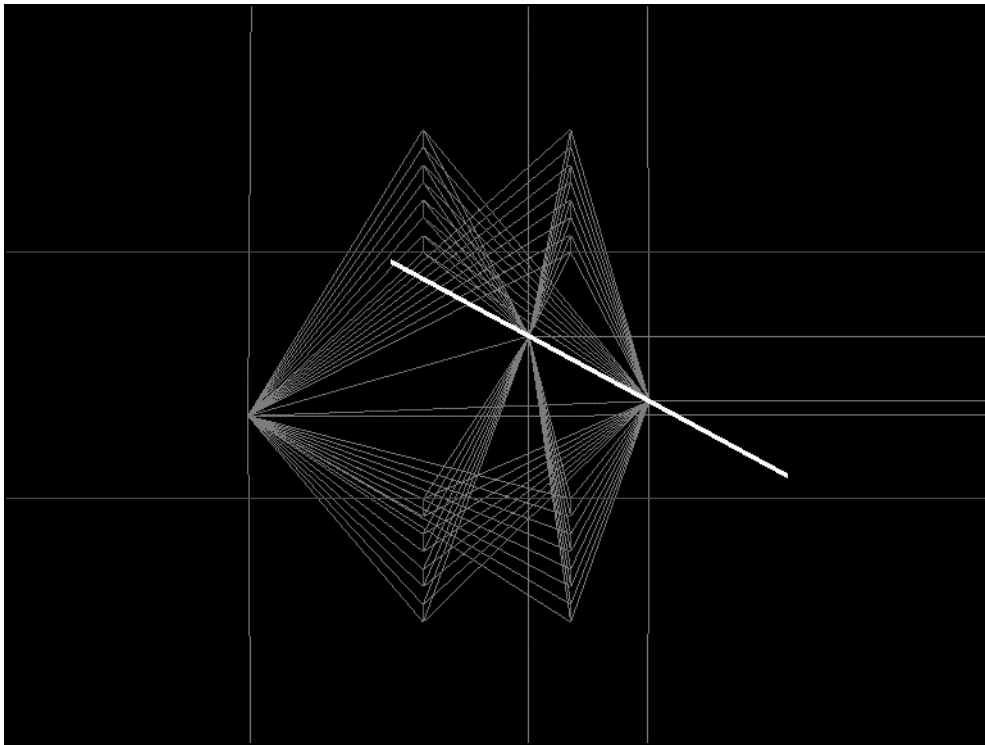
Séquences n° 20 à 21						
Écrire l'espace						
N°	Début	Durée	Titre	Informations Techniques	Date	Auteurs
20	27'42"	1'02"	Méthodes de visualisation	svensson/Experimentation/Exp03a.flm -e 12001 -e option étoiles - 12 ind. 00	28 juin 2000	AL - NT - MS
Modèle couloir avec sas - 12 individus - avec viscosité						
21	28'44"	1'01"	Méthodes de visualisation	svensson/Experimentation/Exp05a.flm -e 24000 -e option étoiles - 24 ind. 00	28 juin 2000	AL - NT - MS
Modèle couloir avec sas - 24 individus - avec viscosité						
Figurer l'espace						
Image séquence n°20			Image séquence n°21			
<p>Principes de visualisation : L'idée générale de pouvoir représenter les interactions interindividuelles par des lignes dont la longueur serait proportionnelle à la force de l'interaction.</p> <p>Technique de visualisation : La première possibilité consiste à représenter par un trait tous les MAT en liaisons. Cette technique est visuellement esthétique, pédagogique pour comprendre les éléments en liaisons dans le modèle, mais <i>in fine</i>, peut être pertinente pour révéler des dynamiques ou des agencements particuliers. Elle est illustrée dans le tableau suivant celui-ci. On y voit très bien par exemple les différents éléments qui composent une porte et le réseau des liaisons entre ces éléments et chaque individu. Les longs traits verticaux représentent les liaisons avec les deux murs du couloir et les longs traits horizontaux correspondent aux liaisons avec l'attracteur.</p> <p>L'implémentation de capteurs au niveau des MAT et des LIA permet de complexifier ce modèle. L'idée est de représenter différemment les liaisons en fonction des intensités de celles-ci. Ceci permet de visualiser directement ce qui se passe, liaison par liaison, contrairement à la technique précédente qui globalisait toutes les forces issues des liaisons pour en faire une valeur d'affichage. De plus, en diminuant l'importance visuelle des individus (de cercles, ils deviennent points - bleus et un peu "épais" pour rester visibles), on met en valeur les interactions et les événements dans ces interactions. (Nous avons fait l'essai de ne plus du tout représenter les individus, mais l'interprétation des réseaux des droites représentant les liaisons sans les points comme repères devenait très vite impossible). La longueur des lignes représentant les liaisons est calculée proportionnellement aux forces qui en sortent. Quand l'interaction est nulle, il n'y a pas de ligne du tout, quand elle est très forte, la ligne est grande. On peut paramétrer de ne représenter que certains types de liaisons. Dans les deux séquences fournies, seules les liaisons interindividuelles sont représentées. Quand la liaison correspond à une répulsion, le trait est blanc, quand elle correspond à une attraction, il est rouge (quelques rares cas dans la séquence 21).</p> <p>Cette technique a nécessité le développement d'un module spécifique à l'intérieur du programme Vision - il utilise le fichier des positions issu de la simulation [.flm] et le fichier des événements détectés par les capteurs [.dte].</p>						
Dire l'espace						
<p>Cette méthode met en évidence les interactions interindividuelles. Elle permet de voir les rotations des individus entre eux, elle permet aussi de comprendre certains agencements, complètement invisibles dans les autres modes de visualisation. Un agencement revient de façon récurrente : trois individus se retrouvent comme unis (unis par leur répulsion réciproque !), formant par les traits de leurs liaisons un triangle à peu près équilatéral. Ce triangle reste stable assez longtemps, il permet au trio des rotations et des translations. En général, le triangle se brise lorsqu'un des individus se trouve en interaction avec un autre individu plus "fortement". À ce moment, le triangle s'ouvre, mais un autre peut se former avec deux individus avec lesquels il aura une plus forte interaction. Il n'y a quasiment pas de réseau stable formé par plus de trois liaisons.</p> <p>Cette technique ne permet pas de rendre compte des petites dynamiques de conduites.</p>						

Figure 61 : Séquences n°20 à 21

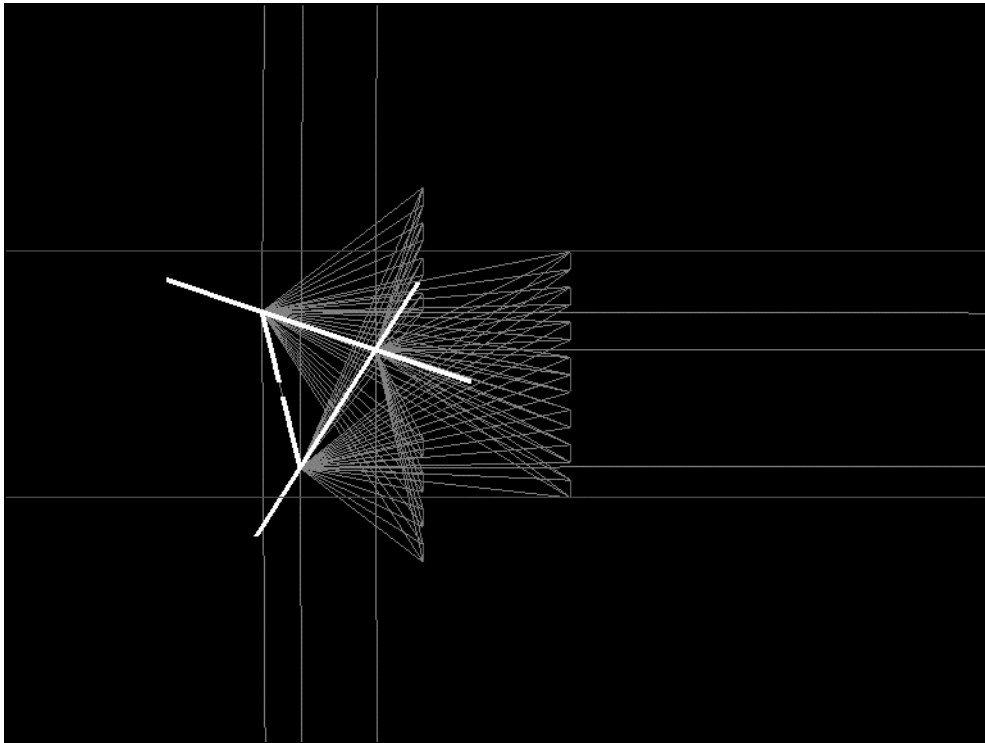
Complément à la méthode précédente

Représentation de toutes les liaisons d'une scène

(En traits gras les liaisons interindividuelles, en traits fins les liaisons avec le cadre bâti)



[Séquence non fournie] Ensemble des liaisons d'une configuration avec 2 individus



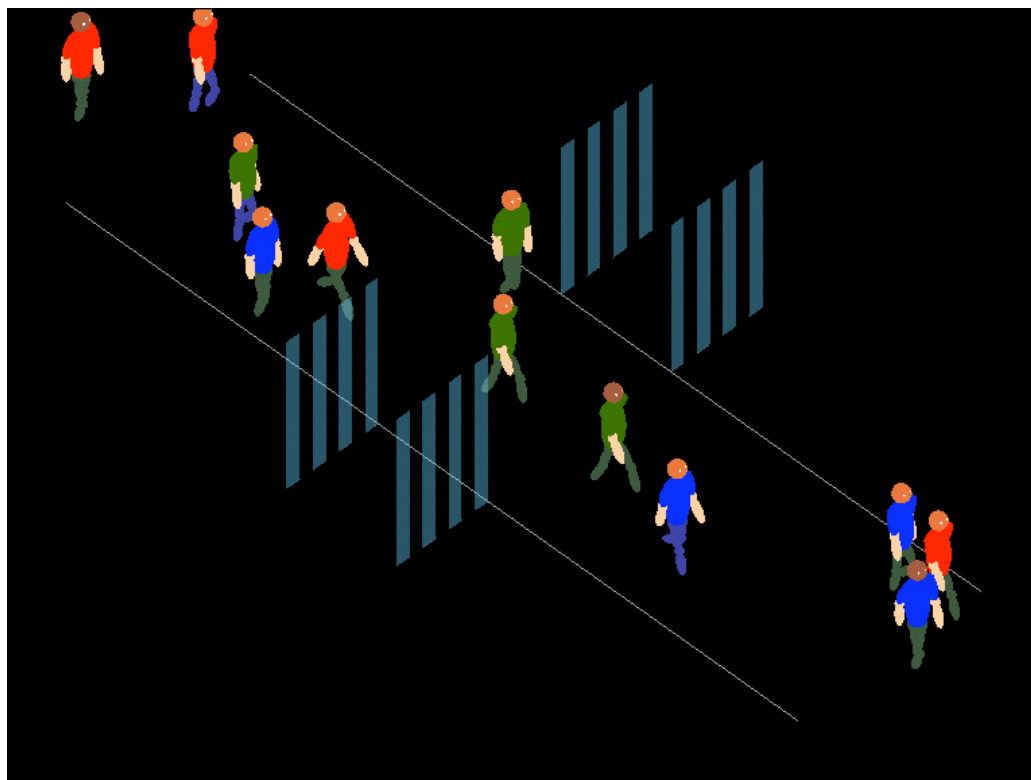
[Séquence non fournie] Ensemble des liaisons d'une configuration avec 3 individus

Séquences n° 22 à 26

Écrire l'espace

N°	Début	Durée	Titre	Informations Techniques	Date	Auteurs
22	29'45"	1'27"	Méthodes de visualisation	rinolfi/visu/vision -f31_foule.film -a -45 -45	Juin 1999	AL - NT - SR
Modèle couloir avec sas - 20 individus - avec viscosité -> Portes à ouverture et fermeture rapide						
Ce film est issu du même modèle et de la même simulation que les séquences 15, 17 & 18 - seule change la représentation						
23	31'12"	1'03"	Méthodes de visualisation	svensson/Experimentation/Exp02.film -a 0 0	8 juin 2000	AL - NT - MS
Modèle couloir avec sas - 6 individus - avec viscosité						
24	32'15"	1'02"	Méthodes de visualisation	svensson/Experimentation/Exp02.film -a -90 -30	10 juin 2000	AL - NT - MS
Modèle couloir avec sas - 6 individus - avec viscosité						
Ce film est issu du même modèle et de la même simulation que la séquence 23 - seul change le point de vue						
25	33'17"	1'03"	Méthodes de visualisation	svensson/Experimentation/Exp03.film -a -45 -45	13 juin 2000	AL - NT - MS
Modèle couloir avec sas - 12 individus - avec viscosité						
26	34'20"	1'02"	Méthodes de visualisation	svensson/Experimentation/Exp04.film -a 0 0	8 juin 2000	AL - NT - MS
Modèle couloir avec sas - 24 individus - avec viscosité						

Figurer l'espace



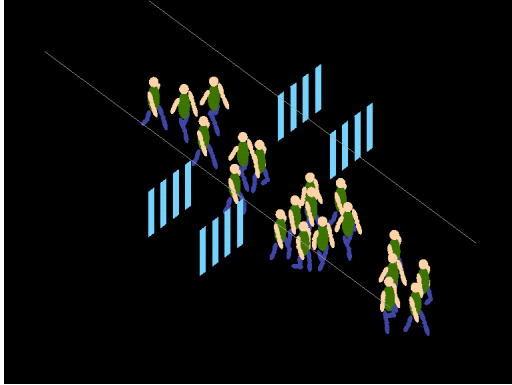
Séquence n°25 - Angle prise de vue 45° 45°

Principes de visualisation : Il s'agit cette fois ci, non plus de rechercher des techniques de représentation qui visent à mettre en valeur des dynamiques particulières par des artifices d'animation, mais plutôt de se rapprocher d'un rendu visant à être "réaliste". La scène, telle qu'elle nous apparaît, passe alors de deux à trois dimensions et les individus sont, dans cet objectif, représentés par des "androïdes".

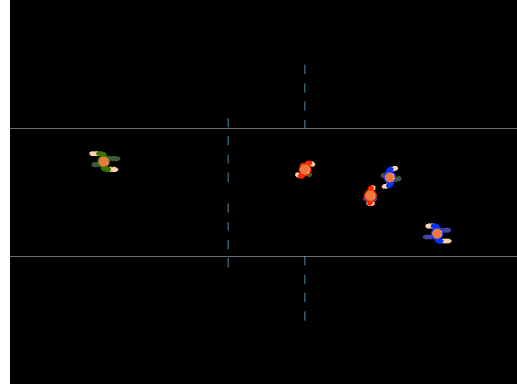
Technique de visualisation : Le modèle Cordis-Anima permet bien la trois dimension. Mais jusqu'à maintenant nous ne l'avons pas utilisée (toutes les forces ont leur composante en z nulle, mais cela aurait pu en être autrement). Nous ne l'utiliserons pas plus ici. La 3D est en quelque sorte une simple élévation de la 2D. Pour pouvoir visualiser les androïdes, il était intéressant de pouvoir varier les points de vue (ce qui était aussi possible, mais restait assez peu intéressant pour les autres techniques précédentes (cercles, traits, etc.)). On peut donc choisir son angle de vue pour la visualisation de la scène. La simulation, à partir de deux angles (l'un par rapport à

une orientation du plan et l'autre par rapport une hauteur) qu'on lui donne, affiche une vue axonométrique de la scène.

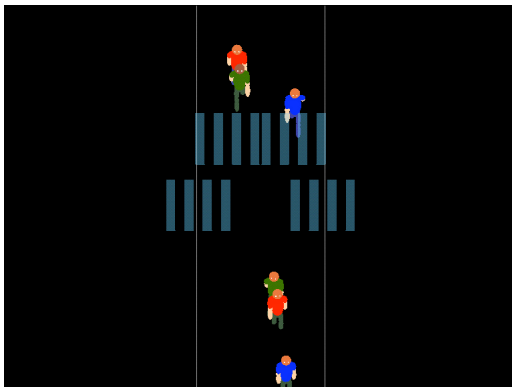
Les individus sont représentés avec une orientation (un avant et un arrière). Mais, dans le modèle, les MAT qui correspondent aux individus n'ont pas d'orientation, il s'agit de points. On peut par contre calculer une orientation à chaque instant en fonction de la direction du vecteur vitesse. Chaque individu est ainsi plus ou moins tourné dans la direction où il marche. Les effets de rotations sont donc directement issus des variations de direction du vecteur vitesse entre les différents pas de calcul. Les mouvements de bras et des jambes sont des automates. L'amplitude des mouvements est paramétrée comme directement proportionnelle à la vitesse d'avancement. Chaque individu peut avoir des couleurs différentes permettant une individualisation plus aisée (ce qui n'était pas le cas de la séquence 22).



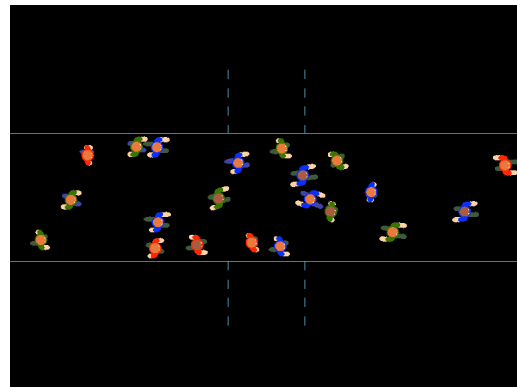
Séquence n°22 - Angle prise de vue 45° 45°



Séquence n°23 - Angle prise de vue 0° 0°



Séquence n°24 - Angle prise de vue 90° 30°



Séquence n°26 - Angle prise de vue 0° 0°

Cette technique a nécessité le développement d'un module spécifique à l'intérieur du programme Vision - il utilise le fichier des positions issu de la simulation [.flm].

Dire l'espace

Le choix de l'angle de vue s'avère bien évidemment très important. On ne voit pas les mêmes choses face à la scène, de trois quarts ou en vue zénithale. On peut pour cela comparer les séquences 23 et 24 qui sont issues de la même simulation. La première, en vue zénithale, met en évidence les vitesses et les trajectoires sur l'ensemble de la séquence de chaque individu (on voit très bien par exemple les gens qui se faufilent à travers le groupe), ainsi que les rotations de ceux-ci sur eux-mêmes. La seconde, en vue "de face et surélevée", illustre bien les hésitations devant les portes, les blocages, les ajustements de trajectoires, le fait que quelqu'un marche derrière un autre, ou toujours à côté de lui, les dépassements brusques, etc. La variation de la couleur pour les individus s'avère importante pour casser quelque peu l'aspect homogène des "androïde". Les variations des mouvements des bras et des jambes aide à se rendre compte de la vitesse qu'ont, ou non, les individus.

Cette technique de représentation met en évidence les individus et leurs attitudes. Elle permet de voir très distinctement les rotations, les hésitations, les arrêts, les changements brusques de chacun. On suit mieux les trajectoires individuelles. Celles-ci peuvent prendre une dimension narrative forte : individu qui hésite, qui attend, qui est pressé, qui se faufile, qui se cale derrière quelqu'un, etc.

Par contre cette technique permet peu de se rendre compte de la forme des groupes.

La séquence 22 est commentée en annexe [3].

Figure 62 : Séquences n°22 à 26

3.5.5 Ouverture de l'espace - Recherche d'effets collectifs

Cette dernière série de séquences est un peu différente des autres. Elle correspond à un travail qui est présenté en Annexe 4 : Conduites de cheminement, métabole visuelle - tentative de notation.

Entre les espaces composés d'éléments isolés (discrets) et les espaces dans lesquels il est impossible de différencier les éléments les uns des autres (continus), il existe moult espaces intermédiaires, dont certains peuvent être nommés "métaboliques" (qu'ils soient visuels ou sonores). Ce sont ceux-là que nous recherchons dans cette dernière série d'expérimentations. Tout l'intérêt de ces espaces réside dans les dynamiques qui les font exister, c'est-à-dire dans la façon dont nous passons continuellement d'un événement à un autre, tous différents et paradoxalement tous les mêmes.

Comment décrire les dynamiques qui s'y effectuent, comment les noter ? Est-il possible par ces outils de descriptions de passer d'un espace visuel à un espace sonore ou inversement ?

C'est dans cette optique que nous avons décidé d'ouvrir le couloir à l'ensemble de l'écran et d'y faire circuler un nombre très important d'individus.

Le développement des modèles de conduites incluait le "double sens" de circulation. Il n'est pas présent dans les tableaux précédents, car pour l'instant il ne donne pas encore des résultats suffisants et son utilisation nécessite de toutes façons de déjà bien maîtriser le modèle et son paramétrage en version "simple sens". De plus, l'usage du double sens nécessite sans doute l'implémentation d'une anisotropie chez les individus.

Cette ouverture de l'espace et l'introduction dans la scène d'un nombre important d'individus esquissent une utilisation de ces modèles pour des comportements que l'on observe dans les cas de grande foule. Cette perspective n'a pas été plus développée dans ce travail en dehors de ces expérimentations.

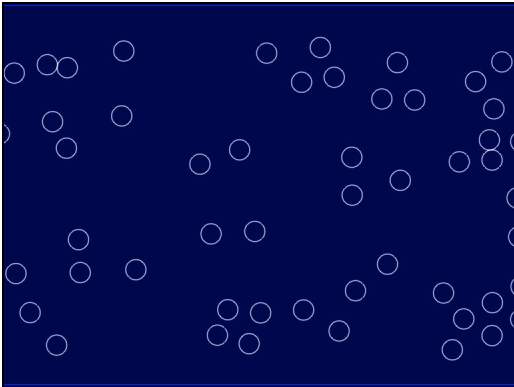
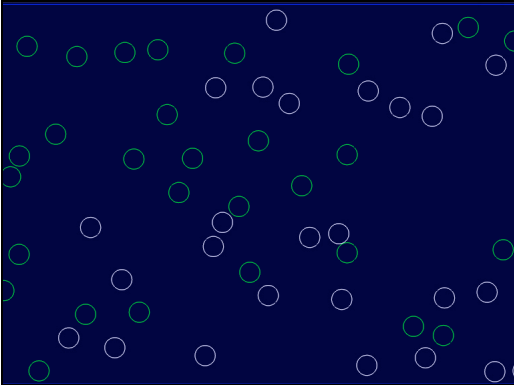

Séquences n° 27 à 29						
Écrire l'espace						
N°	Début	Durée	Titre	Informations Techniques	Date	Auteurs
27	35'22"	50"	Effets collectifs	rinolfi/Metabole_foule/b03_foule.film	23/04/1999	AL - NT - SR - BH
Modèle couloir de la largeur de l'écran sans sas - 70 individus - Avec viscosité - Simple sens						
28	36'12"	1'06"	Effets collectifs	rinolfi/Metabole_foule/b05_foule.film	23/04/1999	AL - NT - SR - BH
Modèle couloir de la largeur de l'écran sans sas - 120 individus - Avec viscosité - Double sens						
29	37'18"	1'12"	Effets collectifs	rinolfi/visu/vision -fb05_foule.film -t 40	23/04/1999	AL - NT - SR - BH
Modèle couloir de la largeur de l'écran sans sas - 120 individus - Avec viscosité - Double sens						
Ce film est issu du même modèle et de la même simulation que la séquence 28 - seule change la représentation						
Figurer l'espace						
						
<i>Image 1172 séquence n°27</i>						
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><i>Image 1055 séquence n°28</i></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><i>Image 1055 séquence n°29</i></p> </div> </div>						
<p>Principes et techniques de visualisation : Représentation en plan - Les individus sont représentés par des cercles blancs quand ils vont de la gauche vers la droite et par des cercles verts quand ils vont de la droite vers la gauche. L'espace du couloir est symbolisé par deux traits horizontaux situés aux extrêmes de l'écran.</p> <p>La séquence 29 est paramétrée avec une rémanence de 40 images.</p>						
Dire l'espace						
Ces séquences sont commentées dans l'annexe 3.						
Un système de notation des dynamiques observées a été mis en place - il est présenté en Annexe 4 : Conduites de cheminement, métabole visuelle - tentative de notation.						

Figure 63 : Séquences n°27 à 29

3.6. Évolutions et perspectives

Les résultats des simulations semblent d'ores et déjà assez pertinents pour continuer dans cette voie. De plus, on peut espérer, de par la "simplicité" du réseau Cordis-Anima initialement défini et ses multiples possibilités de paramétrage, que celui-ci soit suffisamment générique à de nombreuses situations où la configuration du cadre bâti joue un rôle important dans les conduites de cheminement.

On reviendra dans la conclusion générale sur les enjeux d'un tel modèle dans la conception architecturale et urbaine.

Mais dès à présent, il est possible d'inventorier trois évolutions possibles du modèle et deux perspectives de travail.

a. Évolutions du modèle

Dans la définition du modèle, deux évolutions apparaissent maintenant comme nécessaires. Il s'agit de l'introduction d'une anisotropie dans la constitution des individus et la gestion des flux à double sens.

L'introduction d'une anisotropie chez les individus doit permettre de donner à ceux-ci une orientation. L'anisotropie peut être obtenue par un système assez simple qui consisterait à rattacher, par une liaison élastique, une petite masse (i.e. un MAT possédant une plus faible inertie, M_1) à celle qui correspond à un individu (M_2). Ce système a déjà été testé avec succès à l'Acroe pour d'autres modèles visant à observer des comportements d'auto-organisation dans un espace clos. Cette petite masse ne serait en liaison avec aucune des autres masses du réseau. L'excitation de cette liaison permettrait en plus de simuler une énergie interne à chaque individu. Celle-ci permettrait aussi de rendre moins important le rôle des attracteurs. Ce système permet de donner aux individus un avant et un arrière bien définis. Cette orientation est inexistante avec le modèle *isotropique* composé d'une seule masse ponctuelle.

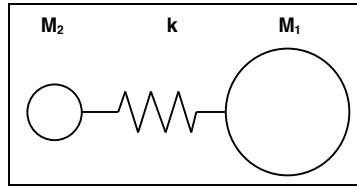


Figure 64 : Implémentation d'une anisotropie dans le modèle définissant les individus

L'introduction du double flux devient lui aussi rapidement nécessaire afin de tester le caractère générique du modèle. Les observations *in situ* montrent bien la richesse des comportements lors des croisements de deux flux. Actuellement, le modèle implémenté le permet bien, mais nous n'avons pas encore beaucoup exploité cette option.

L'introduction de l'anisotropie au niveau de la définition des individus (l'évolution précédente) devrait permettre de bons résultats pour les dynamiques liées au croisement. Les séquences 28 et 29 montrent déjà des résultats satisfaisants, alors même que l'anisotropie n'est pas encore modélisée.

b. Évolutions du cadre bâti

La complexification du cadre bâti devrait être une des évolutions à venir. En effet, maintenant que le modèle a montré une bonne stabilité avec scène composée d'un couloir et d'un sas, il s'agit d'aborder d'autres types de configurations spatiales pour étudier les conduites de cheminement et éprouver ainsi au mieux le caractère générique et l'adaptabilité du modèle et de ses paramètres.

Différentes configurations sont envisagées pour la suite : escaliers roulants, espaces de couloir présentant des bifurcations ou des croisements, espaces remplis d'objets fixes ou mobiles qu'il faudrait traverser, etc.

c. Évolutions des modes de représentations

Les modes de représentations nécessitent encore des affinements et le développement de nouvelles techniques d'animation. Il reste un champ

d'exploration immense dans ce domaine. On peut indiquer quelques pistes d'évolutions possibles, dont certaines sont déjà amorcées.

La visualisation de type "androïde" peut s'orienter dans deux directions.

- La première consiste à perfectionner le "réalisme" de la scène et des individus par une meilleure définition graphique. Il est aussi possible de rendre plus complexe la logique sous-jacente des articulations permettant les mouvements des jambes, des bras et du tronc des individus.
- Une seconde orientation consiste exactement en l'inverse. Il s'agirait alors de rechercher des techniques d'animations et des "entités" à animer qui révéleraient, mieux qu'une représentation "réaliste", certaines dynamiques. On se rapprocherait, par certains côtés, de certaines techniques que l'on trouve dans les films d'animation (déformation des corps, exagération des mouvements, etc.).

La représentation en perspective est une technique géométrique très utilisée en architecture comme une alternative considérée comme plus réaliste que les représentations axonométriques. On pourrait donc proposer une représentation de la scène en perspective selon un point de vue choisi. Dans ce même ordre d'idée, il peut être aussi curieux de voir ce que donnerait une séquence calculée à partir d'un point de vue mobile situé au niveau des yeux d'un des androïdes.

Une autre piste de recherche pour les techniques de représentation consiste en une utilisation plus poussée des capteurs. Ceux-ci nous fournissent des informations sur les forces issues des liaisons, les animations qui s'appuieraient fortement sur ces données peuvent s'avérer tout à la fois surprenantes dans leur rendu et significantes quand à ce qu'elles révèlent. Il est d'ores et déjà prévu d'utiliser la technique des écrans d'épingles²⁰⁶ pour une représentation qui montrerait une évolution dynamique de l'ensemble des points de la scène.

²⁰⁶ La technique de l'écran d'épingles a été développée, dès les années 1930, par le réalisateur français d'origine russe de films d'animation Alexandre Alexeïeff. Un écran d'épingles est une image où les grisés sont représentés par des têtes d'épingles, préfigurant déjà les pixels. Un tableau est alors

Les possibilités de représentations à partir des fichiers des positions et des détections d'événements sont illimitées. Il est important de les choisir en fonction de l'objectif recherché dans l'expérimentation.

d. Perspective : "sonification" du modèle

Rappelons-le, tout réseau Cordis-Anima peut être simulé puis "représenté" dans un espace visuel, dans un espace sonore et dans un espace tactilo-proprioceptif. Dans ce cadre, une des perspectives possibles serait en quelque sorte de "mettre en sons" ces dynamiques qui pour l'instant restent représentées visuellement.

Une des techniques pour "sonifier" un modèle est d'utiliser les capteurs placés dans le réseau Cordis-Anima, afin de mettre en son uniquement des événements et non pas tout le réseau dans son ensemble, ce qui serait une des autres techniques possibles. En effet, les capteurs permettent de détecter des événements en fonction du paramétrage qui les gouverne. On peut alors décider de configurer des capteurs en fonction des événements qui nous intéressent : une interaction forte avec les portes, un seuil atteint dans les interactions entre individus, etc (tout est imaginable tant que cela reste programmable, c'est-à-dire pour des capteurs quantifiables). Les capteurs génèrent un fichier après simulation (.drc) qui se présente sous la forme d'une liste associant une information temporelle (ici un numéro d'image) et une information de nature quantitative (une valeur de force, une détection binaire, etc.). Cette liste - ou ces listes si on définit plusieurs types de capteurs - est composée à peu près comme un fichier correspondant au format MIDI²⁰⁷. Il est ensuite aisé de transformer un fichier de ce type en sons audibles par l'utilisation de logiciels et de matériel appropriés. Une autre piste, assez semblable, consisterait à générer des fichiers compatibles avec le logiciel Genesis, logiciel qui permet de traiter le son à l'Acroe.

constitué de milliers d'épingles qu'on enfonce plus ou moins pour créer une image à laquelle une lumière rasante donne le relief. Cette technique a été utilisée dans des court films d'animation.

²⁰⁷ Musical Instrument Digital Interface. Le format MIDI est un protocole normé de communication. Les données MIDI ne contiennent que des codes (note jouée, durée, effets, etc.). En aucun cas, ils ne contiennent des sons. Il faut ensuite un séquenceur (matériel et logiciel) pour transformer ces codes numériques en sons audibles.

e. Perspective : la comparaison entre le numérique et l'in situ

Si la comparaison de nature qualitative des dynamiques observées entre le numérique et *l'in situ* reste possible mais encore délicate, il semble encore plus difficile de pouvoir obtenir une comparaison de nature quantitative.

Une des difficultés pour **la comparaison qualitative** des dynamiques des conduites vient du fait que nous n'utilisons pas le même outil de représentation pour l'un et pour l'autre. Dans le premier cas, on observe à partir d'une image vidéographique issue de la captation du réel, et dans le second, il s'agit d'une image numérique issue de la synthèse du modèle. Ces deux méthodes de représentation ont chacune des particularités qui rend difficile la comparaison directe.

Une des difficultés pour **la comparaison quantitative** des dynamiques de conduite vient du fait que nous n'utilisons pas le même outil de mesure pour l'un et pour l'autre. Dans le premier cas, il est assez difficile *in situ* de trouver des moyens pour noter précisément les trajectoires, qui plus est, de les noter en fonction des vitesses et des accélérations de chacun. Dans le second cas, l'analyse quantitative des conduites est plus aisée : grâce au fichier des positions, on peut reconstituer sans problème la trace au sol et archiver les vitesses des individus, grâce au fichier des événements généré par les capteurs, on peut connaître de façon précise d'autres informations quantifiées.

L'idée, afin d'améliorer la phase de comparaison, est de faire subir aux séquences vidéographiques *in situ* le même traitement que subit le modèle simulé numériquement, afin de se retrouver *in fine* avec le même type d'information pour la visualisation et pour l'analyse des deux corpus.

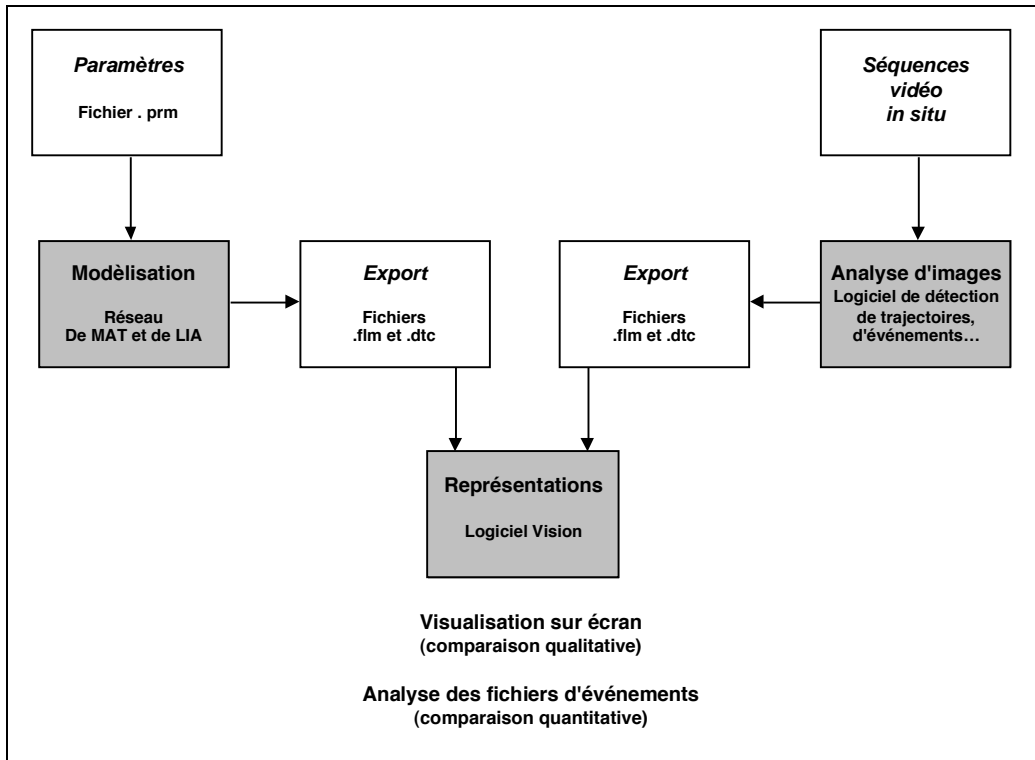


Figure 65 : Outils de comparaison possibles entre les dynamiques issues de l'*in situ* et les dynamiques issues du modèle numérique

Cette technique ne résout pas complètement la question de la comparaison entre l'*in situ* et le numérique, chaque corpus a des caractéristiques qui lui sont propres. Mais, on peut espérer que cette méthode permette une comparaison plus objective pour certaines dynamiques. Et plus particulièrement pour les dynamiques qui trouvent en partie leur pertinence dans ce qu'un logiciel d'analyse d'images en mouvement est capable depuis peu de détecter, à savoir, principalement le suivi des trajectoires des individus.

Chapitre III

Les ambiances sonores

Étude 2 : Observations *in situ* [et modélisations numériques]

Acoustique

Un enfant pleure
une radio crie
une auto freine
une moto pète
un marteau frappe
une hie ronfle
un bus passe
et pourtant il y a encore dans l'espace
des pans
qui ne bougent pas.

Raymond Queneau (1967). *Courir les rues*, Paris : Éd. Gallimard.

1. Dynamiques sonores

Le second champ d'étude pour l'application des hypothèses concerne **les ambiances sonores** urbaines.

L'étude de cas s'applique à décrire les ambiances sonores dans une pratique de cheminement, puis à en modéliser un effet particulièrement dynamique : l'effet de métabole.

Il s'agit dans un premier temps de cheminer, d'écouter et de décrire l'ambiance sonore d'un quartier de la ville de Rezé (Loire-Atlantique). La méthode proposée pour caractériser les ambiances sonores est celle **des parcours d'écoute qualifiée**. Présentée par la suite, elle permet **de réciter** puis d'analyser les ambiances sonores. Elle a permis de dégager un certain nombre d'interactions et de *dynamiques* sonores. Ces observations esquissent quelques hypothèses sur les causes potentielles qui participent à l'émergence de dynamiques remarquables.

Dans un second temps, et à partir de cette caractérisation et des hypothèses dégagées, une phase d'expérimentation numérique est réalisée sur un effet sonore particulier, l'effet de métabole. Cette phase se base sur le système de **modélisation physique** de l'Acroe.

Afin de légitimer ces deux choix méthodologiques, nous passerons d'abord en revue des études sur l'environnement sonore, puis nous les remettrons en perspectives, ensuite, au niveau de la conclusion de l'étude *in situ*, nous présenterons les raisons du passage au modèle physique.

1.1. Décrire l'espace sonore

1.1.1. Des études sur l'environnement sonore - bilan critique et mise en perspective

Pendant longtemps et c'est sans doute encore souvent valable aujourd'hui, l'espace urbain a été la résultante d'un urbanisme sourd à la prise en compte d'une dimension sonore à laquelle il n'entendait rien en général. Valable au stade de la conception des espaces publics²⁰⁸, ce constat s'inverse lorsque l'on passe à une étape de diagnostic. L'espace sonore est alors bien présent, bavard de ses activités mais surtout bruyant et le plus souvent considéré comme fatigant, comme gênant, comme une nuisance. La lutte contre les nuisances sonores devient une nécessité, une priorité. Les plaintes des habitants, souvent légitimes, sont là pour le confirmer (mais les plaintes expriment aussi constamment que le bruit n'est pas seulement un niveau sonore, mais que c'est également l'autre dans toutes ses différences et avec toutes les difficultés du vivre ensemble²⁰⁹...). Le son des villes est (était ?) considéré majoritairement comme du bruit. Il faut qu'il se taise, que les villes deviennent un peu plus silencieuses.

C'est alors presque exclusivement par une limitation de l'intensité sonore, comme seule mesure acoustique physique, que la réglementation légifère. Ainsi sont nées les cartes de bruits, les prévisions des niveaux sonores selon les flux circulatoires, les niveaux d'isolation minimum à l'intérieur des logements, etc. Autant de consignes qui permettent de gérer un confort minimal par l'application d'un niveau d'inconfort à ne pas dépasser.

²⁰⁸ Cette remarque n'est pas valable pour tous les espaces construits. Les lieux d'écoute comme des salles de concerts ou les lieux de conférences bénéficient d'études acoustiques préalables de plus en plus fines. Les outils de modélisation, la création de critères physiques d'acoustique des salles et le développement de moyens techniques de gestion *in situ* de la qualité acoustique (sonorisation) sont des thèmes très investis autant par le milieu de la recherche que par celui du monde industriel. Il en va de même pour l'acoustique des objets techniques.

Bien que nécessaire, cette approche trouve ses limites. S'il n'est pas souhaitable de vivre dans une ville dans laquelle on ne s'entendrait pas, il est peut-être encore moins pensable de vivre dans une ville muette, fière de son silence.

La notion de qualité sonore des espaces apparaît alors comme une dimension qu'il est utile, voire urgent de travailler : "Le bruit est un facteur de dégradation de l'environnement sonore urbain, contre lequel on s'efforce de lutter. Mais on oublie parfois que le son a aussi **des qualités**. Repérer, nommer, puis protéger, voire renforcer ces qualités, c'est se donner **un moyen inédit de lutter contre le bruit**. C'est passer d'une attitude défensive à une attitude offensive"²¹⁰. C'est dans cette optique que s'inscrit en partie ce travail.

Le premier paragraphe de cette introduction est écrit au présent. Jean-Claude Serrero (chargé de recherche au Ministère de l'Environnement) semble indiquer dans sa conférence lors de l'Université de Tous les Savoirs qu'il deviendrait possible maintenant de l'écrire au passé. Les pouvoirs publics, progressivement, prennent enfin conscience qu'il existe une autre voix que la seule lutte contre le bruit : "La quantification du bruit (les décibels) est l'approche privilégiée des pouvoirs publics. Elle exclut les aspects qualitatifs pourtant déterminants dans la gêne ressentie. [...] Préserver un environnement sonore de qualité tout en poursuivant la réduction quantitative des bruits, tel est l'objectif à long terme des pouvoirs publics"²¹¹.

À l'opposé de la démarche qui consiste à lutter contre les nuisances sonores, une autre attitude a vu le jour. Le chercheur et compositeur Murray Schafer dans les années 70, par la notion de paysage sonore²¹², désigne ce qui dans l'environnement

²⁰⁹ Amphoux Pascal et alii (1989). *Le bruit, la plainte et le voisin*, Grenoble : Cresson, multig.

²¹⁰ Amphoux Pascal (1993). *L'identité sonore des villes européennes, guide méthodologique*, Lausanne : Irec / Epfl / Cresson, multig., tome 1, p. 6.

²¹¹ Serrero Jean-Claude (2001). "Bruits et nuisances sonores d'aujourd'hui, qualité sonore de demain", in *Qu'est-ce que les technologies ? L'université de tous les savoirs*, sous la direction d'Yves Michaud, Paris : Éd. Odile Jacob, volume 5, pp. 543-544.

²¹² Murray Schafer R. (1979). *Le paysage sonore, toute l'histoire de notre environnement sonore à travers les âges*, Paris : Éd. Lattès. Ce courant est encore assez vivant. Un forum international a été créé autour des travaux et de la personnalité de Murray Schafer : World Forum for Acoustic Ecology (<http://interact.uoregon.edu/MediaLit/WFAEHomePage>). Il regroupe des chercheurs, des musiciens,

est perceptible comme unité esthétique. En abordant l'environnement par le biais du patrimoine sonore ordinaire, il ajoute la dimension qualitative et surtout esthétique comme critère d'appréciation qui deviennent des critères d'évaluation de l'espace sonore. Mais cette recherche quasi musicale du Hi-Fi "son clair" trouve vite ses limites dès que l'on travaille en espace urbain où l'environnement sonore est par nature métabolique²¹³ (la notion de figure / fond ne s'applique plus) et d'une grande variabilité. Murray Schafer ne trouve pas d'autre terme que le négatif Lo-Fi pour le nommer.

L'habitant, lui, s'il est aussi écoutant, n'est pas en situation d'être face à un paysage, contemplatif et immobile, à la recherche d'une idéale beauté *compositionnelle* des sons dans l'espace. Il se déplace, participe, communique, agit, interagit continuellement avec l'espace sonore urbain. Il n'est pas simplement **face** à un espace sonore, il est bien **dans** l'espace sonore, il est même **de** l'espace sonore.

Sans tomber dans la quête aux décibels de la nécessaire lutte contre le bruit, ni dans l'approche patrimoniale, esthétisante et souvent conservatrice de l'espace sonore que propose Murray Schafer, de plus en plus de travaux s'ouvrent à l'articulation entre les dimensions quantitatives et les dimensions qualitatives du son. Là encore, une autre articulation qui, par contre, n'est encore qu'émergente est celle qui permettrait d'établir des passages entre analyse et conception de l'espace sonore.

En France, sans être totalement exhaustif et en dehors des nombreux travaux de modélisation numérique, on peut citer un ensemble de personnes ou de structures qui travaillent à établir des articulations entre pratiques et recherches.

L'architecte Bernard Delage en créant son propre bureau d'étude participe de cette tendance. On peut se référer par exemple à un beau travail qui consistait à établir un

des artistes, des preneurs de sons, des ethnologues, du monde entier. Le dernier colloque "Sound practice" a été organisé en Angleterre en janvier 2001 à Totnes.

²¹³ On reviendra plus en détail dans la suite de ce chapitre sur la notion de métabole - en attendant on peut se reporter à l'annexe [6] sur les effets sonores pour en avoir une définition.

diagnostic sonore d'un quartier parisien²¹⁴ (Belleville, 20^{ème}). Il a mis en place une méthodologie et un mode de rendu sensible qui articulent trois étapes : écouter ce que les gens disent, dire ce que l'on perçoit et observer ce que les gens font.

Dans la même catégorie, on pourrait aussi citer les travaux de la société Acouphen²¹⁵ qui développe de plus en plus le versant qualitatif et prédictif dans l'acoustique urbaine.

Le milieu universitaire n'est pas en reste. On trouve aussi des travaux de recherches qui visent très directement la pratique :

Il devenait donc nécessaire de sortir de *l'ornière du tout bruit* ou de *celle du tout musical*, et de revenir à un sonore ordinaire tel qu'il est vécu par tout un chacun. Cette position critique a été à la base de la problématique du Cresson depuis 1979. Sur le plan méthodologique, tout en travaillant en parallèle à partir de cartes mentales sonores, le Cresson a développé une méthode nommée *l'entretien sur écoute réactivée*. Elle consiste à relever dans un premier temps des fragments sonores représentatifs de l'environnement à étudier. Dans un second temps, il s'agit de mettre des gens en situation d'écoute de ces fragments sonores et de recueillir leurs commentaires. Les personnes enquêtées sont des habitants du lieu, récitant ainsi leur quotidien, tout autant que des spécialistes de l'environnement sonore confrontant leurs points de vue. "Il s'agit d'une sorte de procédure projective dont le but n'est pas de faire advenir le latent individué (comme dans les tests projectifs), ni exactement de "vérifier" ce que l'observation acoustique et architecturale révèle, mais de favoriser l'éclosion de l'expression des interviewés sur divers aspects de l'environnement sonore urbain."²¹⁶.

²¹⁴ Delage Bernard et collaborateurs (1996). *Monographie et méthodologie expérimentale de diagnostic sonore d'un quartier urbain : Belleville, Paris, 20^{ème}*, Vidéo (VHS), 62 minutes, Paris, Commande du Ministère de l'Environnement, DRAEI.

²¹⁵ Acouphen S.A. - Villeurbanne. Laurent Droin, Christine Arras et collaborateurs.

²¹⁶ Pour un résumé de la méthode, utilisée et adaptée pour de nombreux travaux au Cresson, voir Augoyard Jean-François (2001). "L'entretien sur écoute réactivée", in *L'espace urbain en méthodes*, sous la direction de Michèle Grosjean et de Jean-Paul Thibaud, Marseille : Éd. Parenthèses, pp. 127-152.

En s'appuyant sur la méthode de l'écoute réactivée, Pascal Amphoux, au sein de l'Irec et du Cresson, a mis au point une méthodologie pour approcher l'identité sonore des villes. Elle a été testée sur cinq villes européennes²¹⁷. Cette méthode n'est pas seulement un guide pour l'étude des identités sonores urbaines. Elle peut aussi être considérée comme *un outil de représentation* et comme *un outil potentiel de création* de ces identités en ne s'adressant pas uniquement aux chercheurs, mais aussi aux concepteurs et aux gestionnaires de l'espace urbain.

Les travaux de l'Équipe de Recherche Interdisciplinaire sur l'Acoustique et le Confort en architecture et urbanisme²¹⁸ développe leurs recherches dont le but pour l'acoustique urbaine "est d'aboutir à l'élaboration d'un indicateur de confort (gêne / satisfaction) et de proposer un outil opératoire destiné aux concepteurs et aux décideurs intervenant dans l'aménagement urbain à partir de la qualification de l'identité sonore d'une ville (Plan d'Organisation Sonore d'un Quartier)"²¹⁹.

Enfin, on trouve les travaux du Laboratoire d'Acoustique Musicale qui relèvent d'une démarche plus expérimentale. Ils sont tournés vers l'analyse des sons tant dans leur modalité physique qu'au niveau de la perception par l'humain. Pour l'instant, ces travaux restent encore peu liés à la pratique opérationnelle. Le LAM s'est engagé depuis plusieurs années, dans un programme d'étude de la qualité sonore de l'environnement : "l'un des points forts de ce programme est la réalisation de tests acoustiques qui respectent la validité écologique"²²⁰.

²¹⁷ *L'identité sonore des villes européennes, guide méthodologique*, Op. Cit.

²¹⁸ ERIAC - École d'Architecture et de Paysage de Bordeaux - sous la direction de Catherine Sémidor.

²¹⁹ ERIAC - Rapport d'activité octobre 1997.

²²⁰ <http://www.lam.jussieu.fr> - Le LAM, sous la direction de Michelle Castellengo développe avec Jean-Dominique Pollack et plusieurs doctorants des approches novatrices de catégorisation du sonore à partir soit de cartes mentales sonores, soit d'après des écoutes en laboratoire.

1.1.2. La dynamique comme caractère implicite - rappel de la problématique

Les travaux précédents ont permis de sortir des études monodisciplinaires considérant l'espace sonore comme une nuisance, et de passer à la notion de confort puis à celle d'ambiance en intégrant des approches interdisciplinaires.

Savoir comment approcher les ambiances sonores d'un espace urbain de la taille d'un quartier est une vaste question et pose une série d'interrogations qui tissent une problématique générale.

- Y a-t-il une identité sonore propre à un quartier donné ?
- Correspond-elle aux limites géographiques du quartier ? Correspond-elle à d'autres limites : forme, disposition de l'habitat, activité sociale, culturelle...?
- A-t-on des comportements territoriaux propres avec des marqueurs sonores ? Existe-t-il des localisations précises, fixes ou mouvantes, correspondant à une identification sonore ?
- Cette identité, s'il y en a, est-elle principalement liée à des critères sonores plus qualitatifs que quantitatifs ? ou inversement selon l'identité ?
- Quels types de mesures doit-on faire ? Dans quel objectif ? Où se placer ? A quels moments ? Combien de temps la mesure doit-elle durer ? Etc. Face à la taille d'un terrain, et à la complexité des éléments sonores, comment orchestrer une campagne de mesures ?
- Est-il possible d'avoir une validation métrologique de certains phénomènes sonores qui apparaissent dans la parole habitante ?

- Arrive-t-on à la prise de conscience chez les aménageurs et les citoyens, que l'environnement sonore n'est pas à entendre et à traiter seulement en terme de nuisance ? Mais peut-on leurs faire prendre conscience que tendre l'oreille c'est aussi avoir la vi(II)e aux écoutes ?

La situation des travaux sur le sonore exposée précédemment et l'enchaînement des questions ci-dessus dessinent une problématique générale autour de la notion d'identité sonore. Le travail de cette thèse s'inscrit initialement dans cette lignée, mais il en dévie dans ses visées. Il est, en effet, primordial de **pouvoir dire** l'espace sonore dans lequel on vit pour espérer en avoir une quelconque maîtrise. Mais la dimension identitaire n'est qu'une des modalités de caractérisation possible. Si elle présente des avantages comme l'identification des sources remarquables ou une synthèse rendant compte de l'organisation de la composition sonore générale, elle possède son revers par quelques inconvénients qui peut-être lui sont inhérents.

Tout d'abord la notion d'identité sonore est difficile à cerner, et cela, au moins à deux niveaux. Il est toujours délicat d'effectuer une synthèse qui *cernerait* l'ensemble des caractéristiques sonores d'un espace en étant certain de ne pas trop simplifier ou caricaturer la complexité urbaine à ce que l'on croit être les composants majeurs de celle-ci. À un second niveau, il est difficile de cerner la notion même d'identité sonore. Qu'est-ce qu'une identité sonore ? Selon les approches, on se rend compte de la multiplicité des définitions ou du flou voire de l'absence même de définition.

Ensuite, il est difficile de ne pas associer la notion d'identité à une certaine nostalgie. Ce n'est pas une notion dépourvue d'idéologie. Le terme, selon la définition qu'on lui donne, est porteur d'un risque pour la ville. Il s'agit de ne pas tomber dans une attitude qui renforcerait la dimension patrimoniale où l'acte de conservation serait privilégié sur celui de création ou même de production quotidienne.

Ce risque de figer l'environnement sonore nous conduit à une troisième difficulté quant à cette notion. Alors qu'elle prétend désigner quelque chose de fluctuant (les sons), la notion d'identité entraîne en général des caractérisations puis une synthèse plutôt statiques, voire contemplatives. Les d'études et les approches citées ci avant abordent l'espace sonore le plus souvent comme une entité indépendante, comme un

objet existant en dehors de soi. Or pour que quelque chose ait une identité, il faut qu'elle soit relativement stable. Tous les espaces publics répondent-ils de cette stabilité ?

Mais si on considère que l'espace sonore urbain est aussi un espace de mouvements et d'interactions perpétuelles, il devient nécessaire - et peut-être inévitable - d'intégrer la dynamique au cœur même des méthodes de terrain et des outils d'analyse. L'enjeu serait alors de passer de la notion d'identité des espaces publics sonores à un processus (une dynamique) d'identification des ambiances sonores urbaines.

Notre problématique peut alors se reformuler d'un point de vue théorique puis d'un point de vue méthodologique (ou pragmatique) comme suit :

Formulation théorique : Comment effectuer le passage de l'identité des espaces sonores à l'identification des dynamiques des ambiances sonores ?

Formulation méthodologique : Comment intégrer la dimension dynamique dans les outils d'analyse et de conception des ambiances sonores ?

1.2. Enjeux théoriques et hypothèses méthodologiques

Approcher les ambiances sonores par la dynamique, c'est donc - suivant l'hypothèse récurrente de cette thèse - mettre en place une méthode d'analyse et peut-être de conception qui soit compatible avec les notions (ou qui les utilise) d'expérience, de processus et de relation.

L'espace sonore urbain vécu quotidiennement est un espace de mouvement, un espace en mouvement. Comment s'y prendre alors pour le décrire ? Et comment par la suite sera-t-il possible d'en modéliser les traits principaux ?

Au réseau de questions posées dans la partie précédente et en insistant sur le fait que **le son c'est d'abord du temps**²²¹, mais que c'est aussi **du temps qualifié**²²², nous

²²¹ "Les objets sonores, contrairement aux objets visuels existent dans la durée et non dans l'espace : leur support physique est essentiellement un événement énergétique inscrit dans le temps", in Pierre

répondrons à partir d'un enjeu théorique global. Pour ce faire, nous poserons des enjeux pragmatiques - qui sont autant d'hypothèses méthodologiques - afin d'aborder la dynamique des ambiances sonores.

Enjeu théorique : L'utilisateur

L'utilisateur participe de la dynamique des ambiances urbaines (il fait et en fait partie). Il faut donc le réintroduire dans l'objet analysé et peut-être même aussi dans les méthodes d'analyse.

Enjeu méthodologique 1 : L'*in situ*

L'ambiance sonore d'un quartier n'est pas liée seulement à ses délimitations géographiques et ses caractéristiques physiques, si les ambiances urbaines sont le résultat émergent d'un ensemble de **relations** en contexte. Il peut être nécessaire, voire indispensable, pour qu'elles existent (que ce soit pour les révéler ou les générer) d'être *in situ*, afin d'être aussi en relation.

Enjeu méthodologique 2 : Le mouvement

Schaeffer, *Traité des objets musicaux*, Op. Cit., p. 244, chapitre "Temps et durée". Il est effectivement difficile d'imaginer un arrêt sur "son" dans une bande son, comme on pourrait faire un arrêt sur image dans un film. On objectera quand même que sans espace de propagation, il n'y a pas d'écoute possible. Le son fonctionne selon une dynamique spatio-acoustico-temporelle, chacune de ces trois dimensions ne peut être ignorée.

²²² Sans temps, il n'y a pas de son et donc d'audition possible. En répétant comme le fait dans ses articles Jean-François Augoyard que le son est d'abord du temps qualifié, on insiste sur la dimension signifiante, **événementielle**, voire sur **un fort pouvoir narratif** de l'espace sonore. Pierre Schaeffer le rappelait à propos de toute composition en concluant ainsi son chapitre "Temps et durée" à propos de l'objet musical : "Il ne suffirait donc pas de conclure ce chapitre sur l'idée que la durée des objets est liée à leur forme, dans une perception structurée. Il faut encore ajouter que, l'écoute ordinaire restant vigilante au sein même de la composition musicale la plus abstraite, l'oreille vivra le temps de l'œuvre en terme de "suspenses" ou de dénouements d'énigmes ou d'évidences. Elle ne prête jamais aux sons une attention impartiale parce qu'elle n'est jamais passive : elle prend connaissance non point de quelque chose qui se débiterait au mètre ou à la seconde, mais de divers événements qui lui sont proposés. L'événement se déroule-t-il conformément à ce que son expérience énergétique lui a appris, elle ne s'intéresse qu'au prologue, et cette information domine toute la durée. Se déroule-t-il d'une manière déconcertante, comme c'est le cas pour le son à l'envers, et elle répugnera à accueillir l'absurde. Le secret est alors de la maintenir sans la violer, constamment attentive, jusqu'à l'épilogue." in *Traité des objets musicaux*, Op. Cit., pp. 257-258.

La motricité²²³ et l'action sont des facteurs fondamentaux dans la perception et dans la constitution de beaucoup de phénomènes sonores en milieu urbain. Les ambiances urbaines sont des dynamiques, des **processus** toujours en cours auxquels nous participons. Il peut être nécessaire, voire indispensable, pour qu'elles se construisent, d'être mobile, et plus, d'être en action.

Enjeu méthodologique 3 : L'expression

Il n'y a pas de perception sans action ni non plus sans catégorisation²²⁴. C'est cet ensemble perception - action - représentation - qui forme l'expression. Les ambiances urbaines sont des **expériences** sensibles. Il peut être nécessaire, voire indispensable pour les décrire de les vivre (l'expression différée du ressenti) tout autant que de les vivre pour les décrire (le ressenti est expressif).

Pour approcher les ambiances sonores d'un espace urbain dans toutes ses dimensions, il nous faut au début de l'analyse puis dans les phases de ressaisissement **faire** et

²²³ Hors de son habitat ou de son lieu de travail, une des situations de base ordinaire du citadin dans la ville est la mobilité par le cheminement. Bien entendu, nous ne considérons pas par là que les autres situations, dont celle d'être à l'arrêt, ne possèdent pas elles aussi une dimension active.

²²⁴ Face à un "Percevoir c'est catégoriser" de l'approche computationnelle classique en psychologie de la perception, Harvey Sacks nous dit l'inverse, c'est-à-dire, que ce ne sont pas les indices issus de la perception qui appellent la catégorie mais que "C'est la catégorie qui fait voir". In Sacks Harvey (1984). "Lecture eleven : on exchanging glances", in *Structures of social action : studies in conversational analysis*. Éd. by J. Heritage and J.-M. Atkinson, Cambridge University Press, pp. 81-94. Pierre Ouellet pour sa part, le formule de la façon suivante : "Est-ce la langue qui donne à l'être sa place, créant, dans le monde, ces discontinuités que nous appelons états de choses (...), ces stases auxquelles, pensant et parlant, nous nous référons ; ou est-ce que ce sont plutôt ces états de choses qui, parfaitement constitués dans l'état comme phénomènes, se prêtent eux-mêmes au discours, à quoi ils donnent leur place dans la pensée et le langage ?" in (1982). *Le sens de forme du sens : Essai sur l'ordre du Logos*, thèse, Paris : Université de Paris VII, p. 10. (cité par Jean Petitot). Sur le passage de la perception au discours, on peut se référer à l'ensemble des articles majoritairement issus des sciences cognitives regroupés dans Dubois Danièle (sous la direction de) (1997). *Catégorisation et cognition : de la perception au discours*, Paris : Éd. Kimé. Cet ouvrage montre comment la perception construit le discours et réciproquement.

Sans pencher radicalement d'un côté ou de l'autre, au niveau des objets d'étude qui nous intéresse, on peut penser que les deux manières de "voir" ou d'"écouter" ne s'opposent pas, mais qu'au contraire, elle sont en permanence actives et s'alimentent l'une et l'autre. Peut-être même est-ce lors du passage (ou de l'instant de rencontre, du moment de connivence) de l'une à l'autre qu'il y a une qualification, qu'il y a une prise de conscience.

faire faire de *l'in situ*. L'écoute étant événementielle²²⁵, nous proposons une immersion par une écoute située.

La partie suivante présente *la méthode des parcours d'écoute qualifiée*. Cette seconde partie correspondant à l'observation *in situ* s'appuie fortement sur un outil qu'il est maintenant nécessaire de préciser : **l'effet sonore**.

Pour réintroduire cette idée d'une dynamique de l'espace sonore et prendre en compte le sujet percevant dans toutes ses dimensions (physiologique, psychologique, culturelle, sociale, motrice...), le Cresson a proposé dès les années 80 un outil interdisciplinaire : l'effet sonore²²⁶. Proposés dans un répertoire qui en regroupe plus de quatre-vingt, les effets sonores sont définis de manière transversale à partir des représentations relevant de disciplines différentes : acoustique physique et appliquée, architecture et urbanisme, psychologie et physiologie de la perception, sociologie et culture du quotidien, esthétique musicale et électroacoustique, expression scripturaire et médiatique. Dans le prolongement des outils d'analyse de l'environnement sonore que sont *l'objet sonore* défini par Pierre Schaeffer, et *le paysage sonore* décrit par Robert Murray Schafer, l'effet sonore se propose comme descripteur des situations vécues de la vie quotidienne. Ce type d'analyse a permis d'isoler des effets majeurs en milieu urbain tels que la métabole, la coupure, le masque, l'ubiquité... Permettant

²²⁵ Sur le sujet de l'écoute événementielle, on pourrait aller plus loin et dire comme le font Casati et Dokic que "les sons doivent être considérés comme des événements", les qualités appartenant alors à la sonorité de l'objet. Cette *théorie événementielle* semble tout de même assez difficile à suivre pleinement car elle impliquerait "d'identifier les sons à des événements dans l'objet résonnant". Mais qu'est-ce qu'un objet résonnant *in situ* ? Cf. Casati Roberto, Dokic Jérôme (1994). *La philosophie du son*, Nîmes : Éd. Jacqueline Chambon, pp. 36-48

²²⁶ Cet outil proposé par Jean-François Augoyard a été ensuite développé par l'ensemble des chercheurs du Cresson pour donner naissance en 1995 à l'ouvrage *À l'écoute de l'environnement - Répertoire des effets sonores*, Marseille : Éd. Parenthèses. L'introduction, sur laquelle nous nous appuyons, "Pour un instrumentarium de l'environnement sonore" de J.-F. Augoyard précise et développe la notion d'effet sonore comme un paradigme permettant de décrire les situations sonores ordinaires. **En annexe [6] se trouve une présentation des effets sonores majeurs qui sont utilisés dans cette recherche.**

On peut aussi, pour une illustration sonore, se reporter à Amphoux Pascal (1997). *Paysage sonore urbain. Introduction aux écoutes de la ville*, CD audio, 72 minutes, Lausanne : Irec / Epfl, Grenoble : Cresson.

de traiter de façon interdisciplinaire les interactions entre les sources acoustiques, le milieu aménagé, la perception et l'action sonores, c'est principalement sur cette notion d'effet sonore qui servira d'appui à notre méthode. C'est parce que ces éléments sont pris en compte que cette méthode peut espérer être une approche possible des ambiances sonores.

À la fin de cette partie, une focalisation sera faite sur un effet sonore particulier : l'effet de métabole. C'est à partir de cet effet, complexe et singulier, que la partie 3. [Modélisations numériques] présentera un usage possible du modèle physique comme un outil de production et d'analyse de phénomènes sonores.

2. Observations *in situ*

La méthode que nous avons nommée **parcours d'écoute qualifiée** a été développée initialement en collaboration avec Nicolas Boyer lors d'une recherche sur les ambiances sonores de la Z.A.C. Vigny-Musset à Grenoble²²⁷. Nous l'avons utilisée ensuite dans plusieurs recherches pour des lieux présentant des ambiances sonores différentes : le quartier du Port au Blé à Rezé (Loire-Atlantique), une comparaison de trois quartiers grenoblois²²⁸ (centre ville ancien, quartier de la Villeneuve et quartier périurbain de Saint-Égrève), un petit village breton²²⁹ (Lesconil).

²²⁷ Boyer Nicolas, Tixier Nicolas (1999). *Enquête par immersion interactive sur les procédures de maîtrise des ambiances sonores dans le projet architectural*, sous la direction de Augoyard Jean-François, Cresson, multig. (subvention de recherche DGAD/SRAE/95288), 187 p. + Cd-Rom, site Internet présentant l'ensemble : <http://www.cresson.archi.fr/E2I/Site/Pages/home.htm>. Nicolas Boyer est architecte D.P.LG.

Dans le cadre de cette recherche, deux terrains étaient supports à l'étude des ambiances sonores. Il s'agissait de la ZAC Vigny-Musset à Grenoble (étude en 1996) et du quartier du Port au Blé à Rezé (étude en 1997-98).

Ce travail était associé à un autre projet sous l'égide du Pir-Villes (puis repris sous la Fédération de recherche du Prédit) : "**Vers un logiciel prédictif des ambiances sonores urbaines**". Cette recherche mettait en collaboration pluridisciplinaire différents laboratoires de recherches : Le CERMA (Centre de recherche Méthodologique en Architecture, UMR CNRS 1563, Nantes), le LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Nantes), Le LAUM (Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine, UMR CNRS 6613, Mans), le LAM (Laboratoire d'Acoustique Musicale, Paris), le bureau d'étude acoustique SERdB et le CRESSON à Grenoble. Voir un des rapports intermédiaires de recherches : Boyer Nicolas, Tixier Nicolas (1999), "Qualification des sources sonores urbaines. Enquêtes de terrain", sous la direction de Jean-François Augoyard, Cresson, in *Rapport Pir-Villes* sous la direction de Jean-Pierre Péneau : *Vers un logiciel prédictif des ambiances sonores urbaines*, 38 p.

²²⁸ Dans le cadre d'une recherche en cours dirigée par Jean-Paul Thibaud : *Vers une hospitalité des espaces publics*.

²²⁹ L'étude de Lesconil fait partie d'un projet international et multidisciplinaire "Acoustic Environments in change". Il se propose d'étudier les évolutions des paysages sonores [soundscapes] de

En amont et en complément aux techniques habituelles de relevés métrologiques propres à l'acoustique urbaine, une approche plus qualitative de l'environnement sonore est développée. **Cette méthode s'appuie directement sur la notion d'ambiance et sur les outils de description et d'interprétation que sont les effets sonores.**

2.1. Les parcours d'écoute qualifiée : Emprunts et apports

2.1.1. La référence aux "parcours commentés"

Comme on l'a vu dans la problématique, aborder les ambiances sonores implique la mise en place d'une démarche interdisciplinaire. Il faut tenir compte à la fois des dimensions physiques et construites de l'espace, et des dimensions perceptives, actives et sociales des usagers. Pour cela, la méthode développée ici fait l'hypothèse d'une approche qui soit triple : citadine, *in situ* et dynamique. Elle se nomme "**méthode des parcours d'écoute qualifiée**" car elle met en jeu du cheminement, de l'écoute et de la verbalisation. Elle est une hybridation de différentes techniques, mais s'appuie principalement sur **la méthode des parcours commentés**.

six villages européens. Il mobilise des chercheurs européens, des artistes, des journalistes, des habitants locaux et des Canadiens, pionniers des études sur le paysage sonore. Cette recherche s'intéresse aux relations entre paysage sonore, environnement et habitants.

En 1975, cinq villages européens sont étudiés par un groupe de chercheurs canadiens mené par Murray Schafer, membres du "World Soundscape Project" (WSP). Les villages se situent en France, en Suède, en Écosse, en Allemagne et en Italie. Le projet "Acoustic Environments in Change", dirigé par le Docteur Helmi Järviuoma de l'Université de Turku, est de réétudier ces villages en 2000 afin d'entreprendre des comparaisons et est d'initier en même temps une nouvelle communauté d'initiatives basées sur les approches du paysage sonore. Un village Finlandais est ajouté, portant ainsi à six le nombre de sites étudiés.

Pour une description complète du projet et une présentation des six villages, on peut se reporter au site Internet réalisé par l'école d'art et de communication de Tampere : <http://www.6villages.tpu.fi>.

Suite à ce travail : Mac Oisans Julien, Tixier Nicolas (2001). *Acoustic environments in change – Village de Lesconil*, Contribution au projet dirigé par Helmi Järviuoma [Université de Turku, Finlande], avril-mai 2000, CDrom + CD Audio.

Sociologue, chercheur au Laboratoire Cresson, Jean-Paul Thibaud a mis au point la méthode des parcours commentés pour rendre compte des ambiances urbaines. Voici comment il l'introduit :

"La méthode des parcours commentés a pour objectif d'obtenir des comptes rendus de perception en mouvement. Trois activités sont donc sollicitées simultanément : marcher, percevoir et décrire. Cette méthode s'inscrit dans le cadre d'une démarche interdisciplinaire plus large qui fait appel à la fois aux sciences pour l'ingénieur (mesure des ambiances physiques), aux sciences de la conception (analyse architecturale) et aux sciences sociales (microsociologie). Toutefois, les descriptions d'ambiances occupent une place privilégiée dans cette démarche : d'une part, c'est à partir d'elles que sont formulées les hypothèses relatives aux dispositifs et aux configurations sensibles d'un site ; d'autre part, elles sont utilisées comme champ privilégié de ressaisissement des divers corpus."²³⁰

"Une telle méthode permet d'analyser le caractère public d'un espace urbain, de répertorier les configurations sonores et lumineuses de l'espace public, d'évaluer l'efficace sensori-moteur des ambiances d'un site et de mettre en évidence les modes d'accès perceptifs à autrui."²³¹

La méthode des parcours commentés peut être résumée par trois verbes d'action : "marcher, percevoir, décrire". Elle s'appuie sur trois hypothèses principales pour décrire notre environnement sensible :

- **Réaffirmer la place du contexte dans le dispositif d'enquête** : le problème est de réintroduire une double dimension contextuelle souvent absente dans les analyses sensibles, la dimension urbaine et la dimension pragmatique, c'est-à-dire être en action dans l'espace urbain. Il s'agit d'être en situation, en contexte et donc en action pour percevoir, voire pour participer à l'émergence des phénomènes d'ambiance.

²³⁰ Thibaud Jean-Paul (2001). "La méthode des parcours commentés", in *L'espace urbain en méthodes*, sous la direction de Michèle Grosjean et de Jean-Paul Thibaud, Marseille : Éd. Parenthèses, p. 81. Le reste de ce paragraphe et le suivant qui positionne notre approche à partir de celle développée par Jean-Paul Thibaud, s'appuient sur cet article.

²³¹ Ibid.

- Il y a une relation entre les manières de décrire et les manières de percevoir. Ce qui revient à postuler une reconnaissance d'une compétence des habitants à rendre compte des situations quotidiennes et à dire le monde dans lequel ils vivent.
- La perception engage toujours de la mobilité, d'où le choix du cheminement.

Comme Jean-Paul Thibaud l'écrit, le problème ou plus exactement l'enjeu de ce genre de méthode est de passer d'une description savante et distanciée à une description ordinaire et engagée.

2.1.2. Hybridation de techniques

La méthode proposée pour l'étude des ambiances sonores est une hybridation :

- de différentes méthodes dont les principes sont testés depuis de nombreuses années (les parcours commentés pour catalyser le discours et la mise en mouvement, l'écoute réactivée pour la focalisation sur le sonore)
- et de différentes techniques (l'analyse typo-morphologique, "la table et les ciseaux" comme processus d'émergence pour l'analyse, la métrologie principalement selon un mode différentiel, les descripteurs qualitatifs dont les effets sonores, etc.).

Ces différentes techniques seront abordées et détaillées dans la partie "Mise en œuvre" de la méthode.

2.1.3. Singularité

Les parcours d'écoute qualifiée se différencient de la méthode des parcours commentés principalement par trois aspects :

- elle focalise la description sur l'environnement sonore ;
- elle nécessite un dispositif technique ;
- elle propose des techniques différentes pour l'analyse des corpus et un mode de rendu final moins textuel, équilibrant plus les disciplines.

Après un relevé architectural et urbain, il s'agit dans un premier temps d'obtenir des comptes-rendus de perception en mouvement avec l'aide d'un dispositif d'enregistrement et d'une amplification acoustique. À partir d'une première analyse du corpus des commentaires en lien avec le terrain, il est possible de faire émerger les caractéristiques principales des ambiances sonores pour chaque zone urbaine.



Figure 66 : Marcher - Écouter - Décrire

Cette analyse permet de définir des points qui nécessitent soit une mesure acoustique soit un enregistrement sonore de qualité afin de préciser et d'illustrer les particularités remarquées. Enfin, le ressaisissement des trois types de données (commentaires, bandes son et mesures) permet une expression pluridisciplinaire des ambiances sonores.

La méthode s'organise donc selon le schéma ci-après. En gris clair, il s'agit de toutes les étapes qui s'effectuent sur le terrain. En blanc ce sont les phases d'analyse

réalisées a posteriori. Les deux phases d'analyse utilisent un système de grilles qui permettent une construction typologique. Enfin, en gris foncé, on trouve les résultats, synthèses de l'analyse et du croisement avec les éléments recueillis *in situ*.

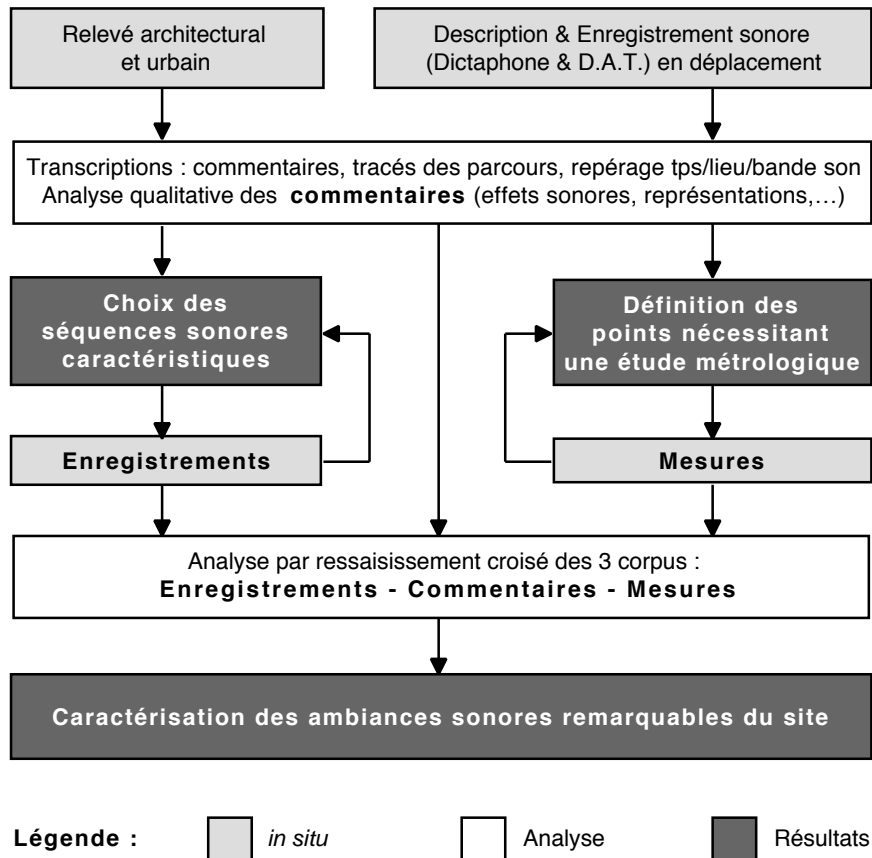


Figure 67 : Parcours d'écoute qualifiée - méthodologie générale

La partie suivante détaille chacune des étapes indiquées dans le schéma général en expliquant les principes, les difficultés et en les illustrant par un ou deux exemples de parcours.

2.2. Les parcours d'écoute qualifiée : Mise en œuvre

La méthode des parcours d'écoute qualifiée a été formalisée et affinée au cours de l'étude des ambiances sonores du quartier du Port au Blé dans la ville de Rezé. Commune de la Loire-Atlantique, située sur la Loire, Rezé fait partie de la banlieue sud de Nantes. L'objectif principal de cette étude consistait en une identification puis

en une caractérisation interdisciplinaire des phénomènes sonores en milieu urbain à partir des modalités de représentations et des modalités perceptives et motrices.

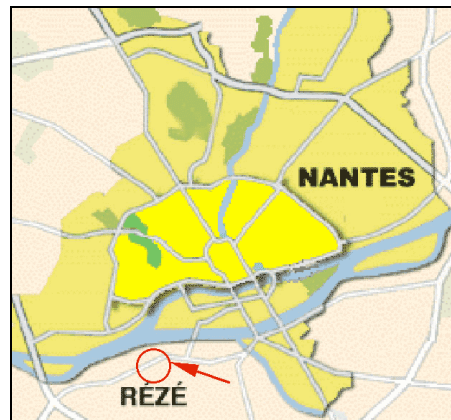


Figure 68 : Situation géographique de la ville de Rezé

Une des raisons du choix de ce site est qu'il devait subir une modification importante de l'espace public urbain, à savoir l'implantation d'une nouvelle route. L'intention initiale de ce choix était de pouvoir effectuer une comparaison de l'environnement sonore avant travaux avec l'environnement sonore après travaux. L'article de *Ouest-France* du 7-8 septembre 1996 ci-dessous présente le projet. Les travaux ont été réalisés au cours de l'été 1997. La nouvelle campagne d'étude *in situ* a été réalisée principalement par le LCPC de Nantes.

Retraitement urbain de la départementale 723

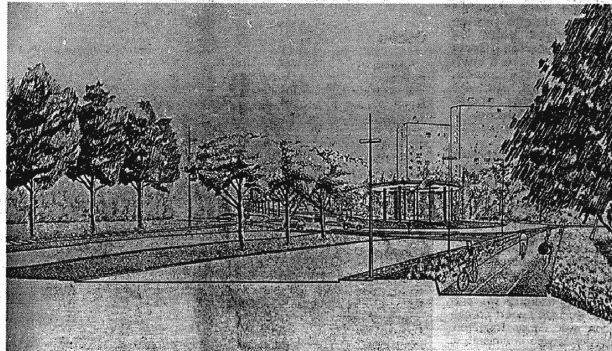
Route de Pornic : la métamorphose

La route de Pornic va devenir une véritable avenue urbaine. Exit la voie express aux allures d'autoroute, bienvenue le boulevard, avec ses giratoires, ses éclairages, ses trottoirs et sa piste cyclable. Début des travaux : octobre 1996, coût de l'opération : 20 millions de francs.

La partie urbaine et rezéenne de la route de Pornic (D723) est baptisée boulevard du Général-de-Gaulle. Cet axe routier périphérique constitue l'une des grandes pénétrantes d'accès au cœur de l'agglomération. Le tronçon situé entre Pont-Rousseau et l'accès au centre mairie dessert également la zone commerciale et industrielle d'Atout-Sud. La ville et le district ont décidé, d'un commun accord, le réaménagement de cet axe.

« L'autoroute » qui isole en quelque sorte la partie ligérienne du reste de la ville, va se métamorphoser en boulevard urbain.

La constitution d'un premier giratoire dans l'axe de sortie du pont des Trois-Continents a déjà contribué à réduire la vitesse des véhicules. Bientôt un second giratoire verra le jour à hauteur du quartier du Port-au-Blé et desservira la future voie de liaison route de Pornic place du 8-Mai.



Aspect future de la route de Pornic (boulevard du Général-de-Gaulle), après son retraitement, selon les plans du cabinet d'architectes Dulieu et Richeux.

L'aspect de la voie rapide qui n'en sera plus une – va considérablement changer. Le boulevard sera divisé (deux fois deux voies) par un terre-plein central, avec plantations. Des bandes cyclables situées en léger contrebas de la route, longeront la totalité du parcours.

Au Sud du boulevard, une promenade mènera les piétons du quartier du Port-au-Blé jusqu'au site archéologique de Saint-Lupien. Un éclairage public est prévu ainsi que divers aménagements urbains (espaces verts...). Le projet a été confié au cabinet Dulieu-Richeux-SCE, après études

et concours.

Les travaux débuteront début octobre 1996 et devraient s'achever en juillet 1997. Coût de l'opération 20 millions de francs et la participation de la ville de Rezé se situe autour de 25 %, le district prend en charge le reste de la facture.

Figure 69 : Article de Ouest-France du 7-8 septembre 1996

2.2.1. Relevé architectural et urbain

La première étape de la méthode consiste à effectuer un relevé typo-morphologique sur l'ensemble du site d'étude. Il s'agit d'une spécification du bâti et du terrain. En dehors de la volumétrie générale, seuls les critères concernant des paramètres qui peuvent intervenir dans la caractérisation de l'environnement sonore sont retenus (activités du bâtiment, action sur la propagation du son, sur la réverbération, etc...). Les informations recueillies sont stockées dans une base de données numériques. Le développement de la base de données nécessaire à la saisie, a été réalisé avec le logiciel 4D (4^{ème} Dimension - Société ACI).

Les critères (rubriques du fichier) utilisés pour ce relevé sont les suivants :

- Numéro du bâtiment (numérotation de travail)
- Étage : Sol, R, R+1, R+2...
- Toiture : Plat, < 45°, À 45°, > 45°
- Couverture : goudron, tuiles, ardoises, zinc...
- Façade : pierre, crépis fin, crépis gros, bois, métal, vitre, béton lisse...

- Activité : habitation, école, commerce, garage, occupation mixte, terrain de jeu...
- Description : observations, texte libre + Références photographiques
- Zones : le découpage par zone correspond à celui des parcours commentés. Il peut s'agir du nom de l'adresse exacte ou d'une appellation "locale". Il respecte principalement les changements typomorphologiques du site et les logiques de cheminement (changement de rue, de type d'espace...)

Bati	
Numéro	L
Etage	A
Toiture	A
Couverture	A
Façade	A
Activité	A
Observation	T
Ref_photo	A
Zone	A
Photo_1	I
Photo_2	I


Figure 70 : Structure du fichier / Base de donnée [logiciel 4D]


Saisie pour Bati


Numéro : 13	Zone : 7 Rue du Port au Blé
Etage : R	Activité : Ecole
Toiture : < 45°	Référence photo : 50,54,56,57,58
Couverture : Tuiles	
Façade : Crépis fin	


Description :

Renseignements : entretien avec la directrice
190 enfants de la petite section maternelle au CM2, soit de 3 ans à 11 ans environs.
8 enseignants et 12 personnes de service
Restauration : 100 à 120 personnes
Horaires : 8h45 - 11h45 et 13h45 - 16h45 le lundi, mardi, jeudi vendredi et le samedi matin deux fois sur trois. Le mercredi l'école est ouverte de 9h30 à 11h30 pour une activité de bibliothèque de quartier.
Récréation : 10h30 - 10h45 et 15h15 - 15h30 pour le primaire
10h30 - 11h00 et 15h15 - 15h45 pour la maternelle
Etude jusqu'à 18h00, récréation de 16h45 à 17h00, 17h15.
Sonnerie pour la fin des récréations.
Les parents attendent côté rue du Port au Blé


Supprimer


Dupliquer


Annuler


Valider




Figure 71 : Exemple du relevé architectural - Fiche extraite de la base de données

En complément à ce relevé, un ensemble de photographies numériques permet de *contextualiser* les espaces étudiés. Une carte avec les angles de prises de vue permet de localiser rapidement les photographies numérotées.

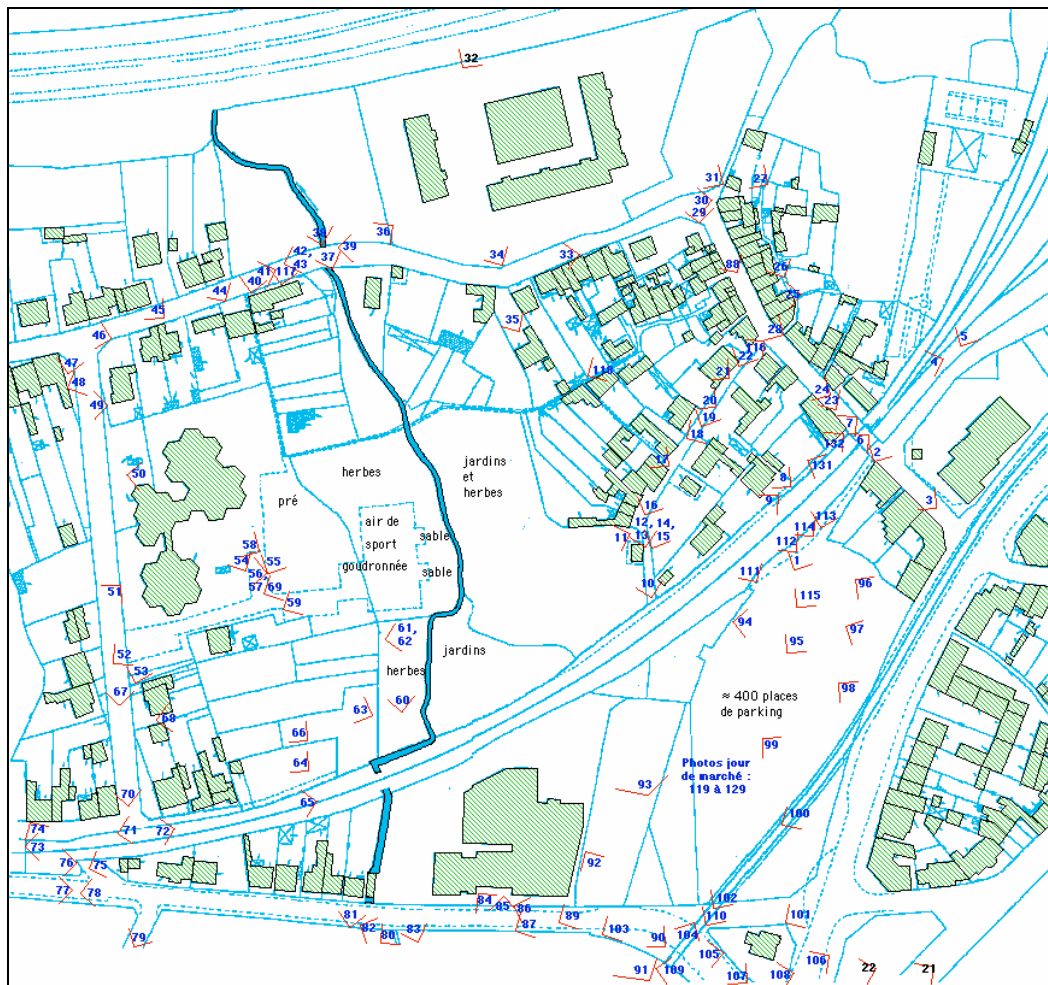


Figure 72 : Relevé photographique - carte des prises de vue

2.2.2. Description et enregistrement en déplacement

Le *parcourant écoutant* est équipé d'un double système d'enregistrement synchronisé :

- **L'écoute amplifiée** : micro directionnel + perche dirigée par l'écouter + enregistrement D.A.T. de l'environnement sonore + casque (la bande est étalonnée en niveau dB(A)²³², permettant une exploitation métrologique ultérieure).
- **Commentaires** : micro-cravate + enregistrement Dictaphone de ses descriptions.

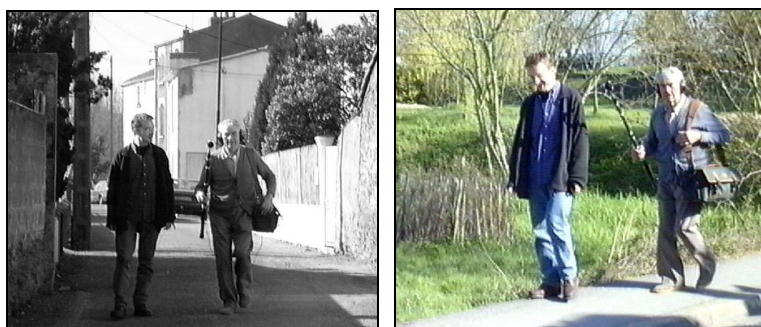


Figure 73 : Parcourant écoutant (accompagné) - Rezé - Zone dite du "village"

L'ensemble des appareils est placé dans un sac que le parcourant garde en bandoulière. Ce dispositif technique, par une surqualification des phénomènes sonores, aide ainsi les personnes à parler de ce qui d'habitude va de soi et s'exprime difficilement : à savoir notre environnement sonore ordinaire. Après des premiers essais sans dispositif d'écoute, il s'avérait très difficile, voire impossible, pour les personnes de se focaliser sur la dimension sonore de l'espace sur un long temps de parcours. Très vite elles embrayaient soit sur l'aspect visuel de l'environnement soit sur une réflexion générale sur l'urbanisme local. Même si ce discours possède un intérêt par ce qu'il nous dit sur les pratiques d'habiter, ils nous éloignait trop de l'objet d'étude.

²³² Afin de se servir de "l'enregistrement des ambiances sonores" pour d'éventuels travaux métrologiques postérieurs, un étalonnage est réalisé. Après avoir lancé la bande DAT, un clap sonore manuel est effectué. Son niveau d'intensité en dB(A) est mesuré simultanément à son enregistrement avec le sonomètre, puis le résultat obtenu est ensuite enregistré vocalement sur la bande comme indication du niveau de référence. On veille également, parallèlement aux précédentes indications, à ce que le niveau d'enregistrement du DAT ne sature pas par le clap sonore. Cette technique "un peu grossière" a le mérite de ne pas avoir à transporter de gros appareils pour l'étalonnage. De plus, ce sont les variations de l'environnement sonore et donc les valeurs relatives qui nous intéressent beaucoup plus que les indications qui relèveraient de valeurs "absolues".

De plus, cet équipement génère une situation paradoxale, puisque l'on est à la fois hors contexte (l'écoute se fait au casque) et en contexte (on marche dans la ville et on écoute en direct). C'est cette mise à distance qui aide la verbalisation et la concentration sur l'ensemble d'un parcours.

Un enquêteur accompagne le participant pour le guider, et éventuellement régler les problèmes techniques ou relancer ses descriptions. Cette présence est nécessaire pour *contextualiser* et relativiser les commentaires lors des phases d'analyses. Mais elle s'avère aussi indispensable pour mettre la personne qui fait le parcours en confiance. Selon sa facilité et ses désirs, elle peut ainsi parler non pas directement au micro, mais à un interlocuteur. Cet accompagnateur écoute et observe attentivement, en restant le plus possible silencieux. Sa présence évite que la personne soit gênée de parler tout haut seule dans la rue.

Le critère de sélection des participants est principalement lié à la variété des rapports qu'ils entretiennent (ou n'entretiennent pas !) avec l'espace étudié : habitat, travail, commerce, école, promenade, jardin... Ils ne sont pas choisis pour correspondre à un panel représentatif de la société. Il n'y a pas de statistiques au final qui valideront telles ou telles affirmations. Bien que nous essayons d'équilibrer le rapport hommes / femmes, d'offrir une variété des âges et des origines socioprofessionnelles, les personnes sont d'abord choisies en fonction de leur *degré* de connaissance du lieu. Il ne leur est pas demandé d'avoir un avis ou une réponse mais de réciter, raconter, révéler l'espace de leur quotidienneté. Les moments des parcours ont lieu à des heures, des jours et dans des conditions météorologiques différentes. Une base de données toujours sous 4D est montée pour saisir les données des parcours et des participants. À partir d'une quinzaine de personnes, on s'aperçoit assez vite, par la redondance des commentaires, que l'on arrive à circonscrire l'ensemble des phénomènes.





Saisie pour Participant			
Date : 17/03/97 Heure début : 19:15 Durée : Heure fin : 19:50 00:35		Fiche type : Parcours commenté + DAT Etude : Rezé Objectifs : Enumération et qualification environnement sonore	
Techniciens : N° 1 : Nicolas Tixier N° 2 :		Participant : Martine Critère 1 : Assistante commerciale Sexe : Féminin Critère 2 : Très bonne connaissance du lieu Age : 40 ans	
Météo : Il fait un peu froid - temps gris			
Références matérielles : - Pour l'enregistrement des Ambiances Sonores du Parcours : Microphone SONY ECM-S959C (electrec condenser microphone IMP550 à 120°) + Perche micro + Digital Audio Tape SONY TCD-D7 - Pour l'enregistrement des commentaires de la personne participante : Dictaphone AIWA VZRS (voice zoom recording system) à cassette analogique + micro cravate - Pour les mesures d'intensités (étalonnage de l'enregistrement DAT) + Sonomètre ROLINE RO-130			
Notes / mesures / observations : Habite depuis 7 ans dans le quartier Travail quelques heures par semaine depuis 3 mois à la boulangerie "Aux délices du chateau" Il fait nuit lors du parcours.			
 		 	

Figure 74 : Exemple d'une fiche parcourant [Base de données 4D]

La consigne avant parcours est simple : *il suffit de dire ce que l'on entend, puis si on le peut de le qualifier et de le commenter*. Pour aider la personne, on peut préciser - si nécessaire - qu'elle peut lister les phénomènes sonores, essayer de les qualifier quand c'est possible et expliquer les rapports qu'ils entretiennent avec la ville, avec les gens ou avec soi. Il convient de pas oublier de temps en temps de dire où l'on est pour faciliter la phase d'analyse.

2.2.3. Technique de transcription

Deux exemples de retranscription sont joints en annexe [313]. Comme à chaque fois que des commentaires ou des discussions enregistrées sont à mettre par écrit, des problèmes de transcriptions apparaissent. Au vu des différentes phases d'analyses et d'une aisance de lecture à conserver, les règles suivantes ont été posées :

- Tout conserver.
- Ponctuer les commentaires pour respecter au mieux le rythme des phrases, les styles interrogatifs ou affirmatifs nécessaires et en faciliter ainsi la lecture.
- Mettre les interventions de l'enquêteur ; donc indiquer qui parle : "Enquêteur :" puis "E. : " et le prénom ou code du participant, "Salomé :" par exemple. Revenir à la ligne entre les changements de personne.
- Préciser entre parenthèses les réactions non-verbales explicites. Par exemple : (rire), (raclements de gorge), (ton plus fort), (toux), (parle en même temps que...), (prononciation spéciale), etc., ainsi que quelques remarques nécessaires à la compréhension des commentaires (utilisation très spéciale de la perche et du micro...).
- Préciser entre crochets les problèmes de transcription :
 - [?] quand il y a un doute sur la compréhension lors de la réécoute.
 - [inaudible] quand une partie de l'écoute l'est.
- Signifier les silences et leur longueur par des points de longueur variable :
 - "Je n'ai pas fait attention..... heu je ne sais pas"
- Faire très peu de transcription phonétique qui pourraient entraîner des difficultés de lecture.
- Transcrire les onomatopées (tout au moins essayer) et les mettre en lettres majuscules : VRRROUMMM, CLAC CLAC...
- Mettre des guillemets pour préciser ce qui est lu par les *parcourants* :
 - "Je passe devant, heu, la pâtisserie "Au blé doré" sur ma droite..."

2.3. Les parcours d'écoute qualifiée : Modalités d'expression

2.3.1. Commentaires agencés

Cette première étape d'analyse s'effectue sur le corpus des commentaires recueillis lors des parcours. Le travail de retranscription terminé, il présente les descriptions par zones (les mêmes que celles qui sont définies dans l'analyse typo-morphologique du bâti). L'étape suivante consiste à séparer les commentaires de chaque participant à

l'intérieur d'une même zone par **séquence signifiante**. Cette séparation parfois arbitraire permet de regrouper des phrases qui forment un tout signifiant ou au contraire de couper des phrases dans lesquelles on trouve des informations sur des phénomènes ou des registres de descriptions différents.

L'étape suivante s'effectue selon la technique de "la table et les ciseaux" (technique nommée ainsi par Yves Chalas²³³). Cette méthode est souvent utilisée dans la construction de typologie, dans l'analyse figurative. **Elle consiste à matériellement découper les séquences signifiantes avec des ciseaux et à les positionner sur une table**. Au début, une première séquence est déposée sur la table. Puis on découpe la séquence signifiante suivante. On s'interroge pour savoir si on peut la regrouper avec la première, ou si elle paraît autonome. Selon le cas, on la dépose avec la première, commençant ainsi la formation d'un *tas*, ou on l'isole sur la table. Puis on continue, en découpant la séquence signifiante suivante. On recherche si elle correspond à un des *tas* de la table, et ainsi de suite, participant par participant. Selon la dynamique de formation, il arrive que l'on remette en question ses *tas*. On les sépare alors en *sous-tas* chacun possédant une signification propre, ou au contraire, on en regroupe deux dont la signification tout compte fait se rejoignait. De cette manière, il se forme à la fois le début de l'analyse du corpus et les critères de cette analyse. En effet, c'est à partir de là que l'on s'interroge sur la typologie et la dénomination des *tas* qui se sont ainsi créés (et qui par la suite vont devenir des entêtes des tableaux d'analyse). Ce travail de dénomination et d'affinement typologique est très important. Il révèle les registres de l'analyse au fur et à mesure que se forment les *tas*, qu'ils se consolident ou qu'ils s'effondrent, renforçant ou non la pertinence de tel motif de regroupement. Il est aussi nécessaire de maîtriser le nombre de *tas*. Deux *tas* feraient une analyse bien pauvre, et dix, ou plus, selon la taille du corpus à traiter, reviendraient à analyser les séquences signifiantes quasiment une à une comme des catégories. Bien entendu, cette auto-formation du contenu autant que des critères d'analyse n'est pas complètement indépendante des idées initiales que l'on a de ses critères. Il n'est pas étonnant de retrouver des catégories déjà connues car classiques ou déjà établies dans d'autres études. À défaut, cela permet de les valider comme assez pertinente pour

²³³ In Chalas Yves (2000). *L'invention de la ville*, Paris : Éd. Économica, collection Ville.

l'étude. Au mieux, nous mettons à jour de nouveaux registres d'analyses. De plus, il est aussi possible, tout en gardant les *tas* initiaux, de fabriquer des *sous-tas*, permettant un affinement des regroupements tout en gardant la catégorie, le chapeau général auquel ils appartiennent. Il est parfois nécessaire de dupliquer la séquence pour la mettre dans deux *tas* différents. Chaque *tas* correspond alors à un des aspects signifiés dans cette même séquence. Cette méthode par ce processus dynamique fait apparaître, se consolider, se séparer, se subdiviser, parfois disparaître, des catégories. Une fois ces *tas* et donc les critères de regroupement à peu près établis, le traitement du reste du corpus va beaucoup plus vite.

L'analyse n'est pas uniquement une activité cognitive avec cette technique. À force de travailler sur les commentaires des habitants, on s'aperçoit que les commentaires eux aussi en quelque sorte se mettent à travailler (au sens ou un matériau travaille dans le temps par exemple). Cette observation, un peu curieuse au premier abord, permet de préciser deux points :

- La mise en situation concrète de la technique d'analyse puis le processus d'organisation des éléments du corpus permettent l'émergence de catégories au bout d'un certain temps. C'est en ce sens que le texte travaille.
- Mais à un autre niveau, on pourrait dire aussi que c'est l'écriture qui génère sa propre écriture. Le texte qui produirait en connivence avec son manipulateur sa propre cohérence, où le résultat émane du processus sans pouvoir totalement s'en séparer.

Dans le cas de l'étude des ambiances sonores, il y a eu un mélange entre des idées de catégories pré-établies, et des catégories propres au type de méthode *in situ* utilisée. C'est dans la formation des *sous-tas* que la méthode a été la plus utile. Les grandes catégories de classification du sonore ayant déjà fait l'objet de nombreux travaux (en particulier la classification selon 4 écoutes proposée par Pierre Schaeffer), elles réapparaissent naturellement.

Le découpage par séquence signifiante se fait selon cinq modes d'appréhension du sonore. Voici les cinq catégories obtenues autant que retenues :

Les trois premières correspondent à trois des quatre écoutes proposées par Pierre Schaeffer²³⁴ à savoir : **ouïr** (perceptions brutes, tout indice disparaît), **entendre** (perceptions qualifiées, engage une sélectivité par une écoute attentive) et **écouter** (indices, c'est la nomination qui est au centre de cette écoute). La quatrième écoute, qui est **comprendre**, correspondrait plus à l'écoute des chercheurs en situation d'étude, et donc en cela déjà à une phase d'analyse plus qu'à une phase de description. Ces écoutes ne sont pas étanches les unes aux autres. Dans la vie quotidienne, nous passons de l'une à l'autre en permanence. Un même phénomène sonore peut être ouï dans un premier temps puis entendu dans un second, etc. Les sons ne sont pas rattachés à un mode d'écoute uniquement. Aussi, cette classification qui rendrait compte statiquement d'un arrangement des données sonores en relation à notre écoute correspond dans la réalité beaucoup plus à une dynamique d'écoutes.

	Abstrait	Concret
Objectif	Comprendre <i>Signes</i>	Écouter <i>Indices</i>
Subjectif	Entendre <i>Perceptions qualifiées</i>	Ouïr <i>Perceptions brutes</i>

Figure 75 : Tableau des 4 écoutes selon Pierre Schaeffer²³⁵

L'utilisation des termes "ouïr, entendre, écouter" permet de qualifier non pas l'élément sonore (qu'il soit signal, ambiance ou fond) mais **la relation que l'on entretient avec lui**. Cette situation d'écoute et de description trouve ses limites. En effet, les personnes ne sont plus en situation d'écoute ordinaire. On pourrait dire que l'écoute quotidienne, "banale", dans laquelle on repérerait ce qui serait de l'ordre du ouïr, de l'entendre et de l'écouter est ici a priori toujours de l'ordre du "comprendre"

²³⁴ In Schaeffer Pierre (1966). *Traité des objets musicaux*, Op. Cit. Chapitre VI sur les quatre écoutes pp. 112-128.

²³⁵ D'après le *tableau des fonctions de l'écoute* in Schaeffer Pierre, Op. Cit. p. 116.

puisque l'on demande d'être attentif et de décrire. Cette ambivalence entre les trois écoutes "ouïr, entendre, écouter" et l'écoute de l'ordre du "comprendre" qui chapeauterait les trois, explique aussi l'absence de cette catégorie dans les critères initiaux d'analyse. On retrouve un peu de cette ambivalence dans le terme **d'écoute plastique** proposé par Peter Szendy²³⁶ qui correspond à la situation où l'on dit à quelqu'un "écoute !" et où en fait, en même temps qu'il *écoute* il *s'écoute écouter* et il *écoute écouter* (les autres : l'acteur sonore, le concepteur, le compositeur, etc.). "C'est cette écoute plastique, c'est-à-dire aussi de ma plasticité d'auditeur, que je fais l'expérience quand j'écoute l'arrangement d'une œuvre"²³⁷. Le participant est placé consciemment dans une situation et doublement réflexive : être ordinaire dans son quotidien urbain et commenter tout haut son écoute, qui habituellement est elle aussi ordinaire (il s'observe écouter).

En correspondance à trois des quatre écoutes de Pierre Schaeffer, Pascal Amphoux a mis en place une autre terminologie, de base ternaire, servant initialement de consignes pour des preneurs de sons afin d'approcher l'identité sonore des villes²³⁸. Il découpe l'espace sonore (*le monde sonore comme un tout unitaire*) en trois plans : le **fond sonore**, l'**ambiance sonore** et les **signaux sonores**. À ces trois plans correspondent trois rapports au temps différents, mais qui ensemble forment *le monde sonore* :

- la **durée** (le fond sonore est un *continuum*),
- la **dynamique** (l'ambiance sonore est faite de rythmes, d'alternances, de mobilités),
- les **événements** (les signaux sonores créent des discontinuités).

Ces trois types de rapport au temps se sont avérés très pratiques pour l'analyse.

²³⁶ Szendy Pierre (2001). *Écoute. Une histoire de nos oreilles*, Paris : Éd. de Minuit.

²³⁷ Ibid., pp. 169-170.

²³⁸ *L'identité sonore des villes européennes, guide méthodologique*, Op. Cit.

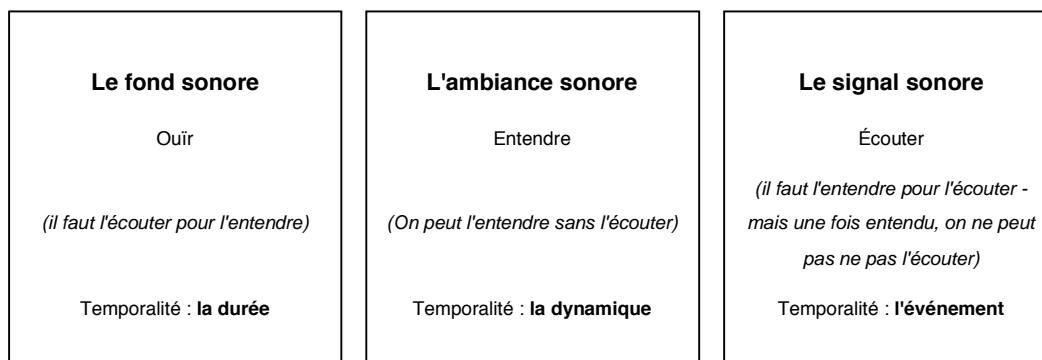


Figure 76 : Les trois plans composant le *monde sonore* d'après P. Amphoux²³⁹

L'analyse par la "table et les ciseaux" des commentaires a révélé deux autres registres de qualification du sonore. Ces registres sont de natures différentes aux 3 modes d'écoutes. Ils concernent :

- les sons liés directement au participant ou au dispositif acoustique, qui concerne la production (colonne **produire**)
- et le discours qui concerne une qualification très générale de l'espace sonore, l'interprétation (colonne **interpréter**). Dans cette catégorie, selon les cas, lorsqu'il y a construction d'une réflexion en plus d'une qualification générale, on rejoint en partie l'idée de la quatrième écoute de Pierre Schaeffer : **comprendre**.

²³⁹ Pour la partie correspondant au découpage Fond / Ambiance / Signaux in *L'identité sonore des villes européennes, guide méthodologique*, Op. Cit., tome 1, p. 21.

<i>Parcours</i>	<i>Ouïr</i> (Fond sonore)	<i>Entendre</i> (Ambiance sonore)	<i>Écouter</i> (Signaux sonore)	<i>Produire</i> (Sons / participant)	<i>Interpréter</i> (Qual. générale)
P9 18/03/97 13h25	<ul style="list-style-type: none"> - Il n'a pas encore démarré (le tram). On entend toujours, donc, de l'autre côté, il y a des voitures qui passent, donc on entend toujours le bruit des moteurs. - On entend à côté les voitures euh, les voitures qui euh, les voitures qui passent. Mais le bruit est moins important que celui qui est le long du tram [?]. - Donc il y a toujours le bruit de la circulation, qui est atténué par le bruit du tram quand celui-ci passe. 	<ul style="list-style-type: none"> - Là on est en train de longer la ligne du tram, donc on s'éloigne de plus en plus de, de, des voies de circulation. Mais on entend quand même le bruit des voitures au loin... - Donc là, y a une voiture, y a une moto qui passe mais on l'entend pas très bien son bruit car on s'éloigne des voies de circulation. - C'est le tram qui arrive. Là, il passe. C'est le bruit du tram. Il passe, il freine, il s'arrête. - Là, c'est le tram qui passe, donc qui démarre. Et on entend, on entend bien quand même euh, là, c'est le tram qui s'éloigne de plus en plus... - Là il y a un autre tram qui passe, donc on entend..., on est toujours pas très loin de la ligne du tram donc on entend bien le tram qui passe. Il fait un bruit euh, il fait un bruit incroyable. - Donc là, c'est une grosse voiture qui passe... 	<ul style="list-style-type: none"> - Y a la cloche du tram qu'on commence à entendre. - Y a le bruit de la porte du tram et les gens qui montent. Les portes se referment et le tram va démarrer maintenant. - Là, c'est la cloche du tram qui retentit, et qui signale le démarrage du tram. - On entendait bien tout à l'heure, les roues du tram sur les rails. 	<ul style="list-style-type: none"> - Là c'est moi qui ai cogné le micro contre la voiture. 	<ul style="list-style-type: none"> - On est dans un grand parking, où toutes les voitures sont arrêtées, donc on entend plus, on entend plus le bruit de circulation, bon on l'entend très peu parce qu'on est en train de s'éloigner de plus en plus de la voie de circulation et on entend de plus en plus le bruit du vent.....

Figure 77 : "La table et les ciseaux" Extrait du parcours à Rezé - Zone 2 - le long du tramway

La classification ainsi obtenue n'est pas un résultat final. Elle n'est qu'un arrangement pratique des données permettant une première focalisation sur les phénomènes remarquables par le regroupement autant que par la séparation des séquences significatives. Certaines séquences auraient pu se retrouver dans une colonne ou dans une autre selon l'interprétation que l'on en donne. Les catégories ne sont pas hermétiques les unes aux autres. Les phénomènes sonores trouvent parfois leur sens dans le tableau par la juxtaposition des arrangements et la récurrence des commentaires.

Cette étape d'analyse permet d'inventorier les qualités et les phénomènes sonores selon les espaces et les transitions étudiés. Elle permet de sélectionner ce qui est majeur et suffisamment récurrent dans l'environnement sonore pour en faire, dans une troisième étape, des enregistrements et des mesures caractérisant au mieux ces phénomènes.

2.3.2. Enregistrements réajustés

Lors des parcours, le Dictaphone enregistre principalement la voix de la personne en description avec en arrière plan l'environnement sonore. Inversement, le D.A.T.

enregistre plutôt l'environnement sonore et grâce à la forme du cardioïde utilisé, les descriptions se retrouvent dans un arrière plan sonore. Dans les deux cas, il y a une co-présence qui s'avère très utile pour l'analyse. Cela permet de mettre en relation les commentaires à l'environnement sonore, de voir les types d'interactions qu'il y a entre les deux, et surtout de relativiser la prégnance ou non de certains événements sonores dans le discours (tel élément sonore que l'on entend distinctement et qui n'est pas commenté ou inversement, tel commentaire insistant sur une particularité qui est très peu audible à l'écoute).

En général, cette bande son peut suffire pour illustrer les phénomènes sonores remarquables (ou plutôt ces bandes son, car il y en a autant que de personnes qui ont effectué le parcours). Elle présente donc l'avantage d'avoir sur le même support le discours et l'objet du discours. Une première sélection d'extraits sonores peut donc être réalisée. Mais ce corpus ne suffit pas toujours. Deux cas principaux nécessitent de revenir sur le terrain afin d'obtenir une meilleure illustration.

- Les enregistrements initiaux se faisant en mouvement, de par le cheminement, ils souffrent parfois de problèmes techniques qui nuisent fortement à l'écoute voire à l'analyse. Il est en effet assez difficile d'éviter tout "Poc" sur la bande. Ces "Poc" sont produits par des petits chocs lors du cheminement : câble qui cogne sur la perche (importance pour minimiser ce problème de bien le scotcher et qu'il soit de la longueur adéquate, ni trop grande pour ne pas avoir à l'enrouler, ni trop petit pour ne pas risquer une déconnexion ou un arrachement), problèmes avec les fiches de connexion, etc. L'autre source de nuisances sonores peut venir de l'intervenant lui-même : grincements continus de la sangle de sacoche, bruits de vêtement permanents (en particulier les manches en plastiques des vestes qui frottent sur le reste du vêtement), etc. Ces bruits que l'on peut dire "techniques" n'apportent quasiment rien tout en nuisant à l'écoute future.

- La seconde raison pour revenir faire des enregistrements est liée au contenu sonore même. Il peut être nécessaire, dans la recherche d'une bonne écoute, d'avoir des fragments sonores de meilleure qualité. Par exemple, pour l'illustration d'un phénomène sonore particulier, il est parfois intéressant de ne pas avoir la voix du parcourant pour bien le remarquer, pour ne pas qu'elle le masque ou encore de ne pas être en dynamique, mais plutôt en statique, etc.

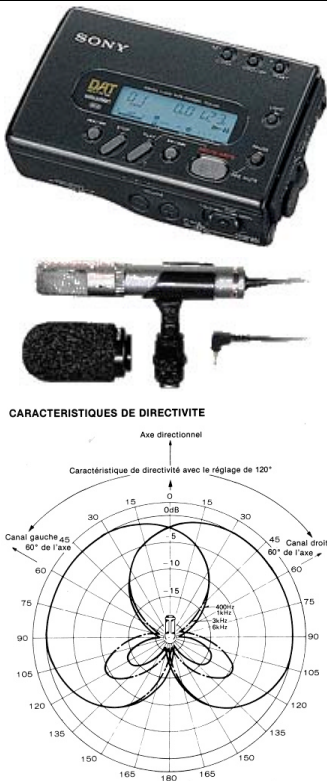
<p>Un lecteur enregistreur D.A.T. :</p> <p>Digital Audio Tape SONY TCD-D7</p> <p>Enregistrement stéréo à 48 kHz</p> <p>Un microphone :</p> <ul style="list-style-type: none"> - SONY ECM-S959C - (electrec condenser microphone IMP550) - Microphone stéréo directionnel ouverture à 90° ou à 120° <p style="text-align: center;">+</p> <p>Un casque ouvert et une perche télescopique pour le microphone (avec suspension longueur réglable entre 70 cm et 150 cm)</p>	
--	---

Figure 78 : Matériel utilisé pour l'enregistrement des ambiances sonores

4 extraits sonores sont fournis en annexe dans un CD audio. Après le travail de sélection, le seul traitement qu'ils ont reçu consiste à mettre en début de fragment un "fade in" (une montée progressive) de 5 secondes et en fin de fragment un "fade out" (une descente progressive) de 5 secondes.

2.3.3. Mesures différenciées

La première phase d'analyse des parcours d'écoute qualifiée permet aisément de sélectionner des zones et des périodes précises où il s'avère pertinent d'évaluer des phénomènes sonores de façon quantitative. L'étape suivante sera la mise en correspondance de tous les éléments du corpus : les données typo-morphologiques, les commentaires des *parcours*, les enregistrements sonores et les mesures.

Contrairement à l'acoustique des salles qui est de plus en plus précise et assez bien instrumentée, les mesures acoustiques en extérieur posent des problèmes en général délicats de métrologie. En effet, dès que l'on essaye de qualifier et de quantifier l'environnement sonore urbain, on est face à un paradoxe. D'un côté, chaque lieu possède en général une identité sonore plus ou moins forte, mais qui lui est propre et qui peut être reconnaissable par tout en chacun. Cette identité est relativement **stable** dans le temps²⁴⁰. On connaît tous la sensation de se retrouver en présence d'une ambiance sonore connue. Et d'un autre côté, l'environnement est **instable**²⁴¹. Il change en permanence. Les sources sonores varient, se déplacent. De plus, l'habitant est dans cet environnement changeant non pas qu'un simple récepteur auditeur, mais aussi un acteur, un producteur de sons, voire parfois un créateur d'espace sonore. Et si on rajoute les problèmes métrologiques (si l'on prend une mesure à tel ou tel endroit, de telle ou telle façon, la variation des valeurs s'avère très importante), on se retrouve face à une complexité déconcertante.

Pour ce genre d'étude, il n'est pas recherché des résultats qui quantifient de façon "absolue", mais plutôt des résultats qui donnent des repères "relatifs". Il est presque toujours entrepris des mesures pour établir des comparaisons et non pas pour quantifier précisément un espace. On recherche par exemple, la diminution du niveau sonore entre le matin et l'après-midi sur une même zone, ou la variation du temps de

²⁴⁰ Voir les travaux de Pascal Amphoux sur les villes européennes (Op. Cit.) et ceux de Jean-Luc Bardyn sur l'identité sonore des ports européens par exemple. Bardyn Jean-Luc (1993). *L'appel du port - Recherche exploratoire pluridisciplinaire sur l'ambiance sonore de 5 ports européens*, Grenoble : Cresson, multig.

²⁴¹ Jean-François Augoyard suggère même que l'espace sonore urbain est de nature fondamentalement métabolique. In "La vue est-elle souveraine dans l'esthétique paysagère ?", Op. Cit., p. 56.



Figure 81 : Exemple 1 - Place principale - jour de marché



Place du marché (Emplacement n°1)		Zone du "village" (Emplacement n°2)	
Jour sans marché	Jour de marché	Jour sans marché	Jour sans marché
$L_{eq}(1/4 h) = 51,8 \text{ dB(A)}$	$L_{eq}(1/4 h) = 60 \text{ dB(A)}$	$L_{eq}(1/4 h) = 42 \text{ dB(A)}$	$L_{eq}(1/4 h) = 43,6 \text{ dB(A)}$

Figure 82 : Exemple 1 - Activités et niveaux sonores

Les commentaires lors des parcours dans la zone dite du "village" (emplacement 2) ne mentionnent pas de sons venant de la place quand le marché est en pleine activité (emplacement 1). Seul le bruit de fond de la circulation routière continue à être indiqué. Alors que le marché engendre une activité qui augmente le niveau sonore²⁴²

²⁴² Pour mesurer le niveau sonore, il a été utilisé des sonomètres Aclan SDH 80 F et Roline RO130 (avec des microphones omnidirectionnels de classe 2). Entre autres informations, un sonomètre permet d'avoir le niveau sonore moyen sur une période donnée : L_{eq} . L'unité utilisée est le décibel pondéré par un filtre A (dB(A) - le filtre A est un filtre qui correspond à la courbe de sensibilité moyenne d'une oreille humaine selon les fréquences).

L_{eq} : niveau constant durant la période d'observation T correspondant à l'énergie acoustique moyenne produite par la source durant cette période.

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L_p}{10}} dt \right] \quad \text{où } L_p = \text{niveaux de pression acoustique au cours du temps T.}$$

de plus de 8 dB(A) en son sein, la répercussion sur l'environnement sonore de la zone en proximité dite du "village" reste quasi-exclusivement de nature qualitative. En effet bien que cette zone se situe à moins de 50 mètres et en champ libre, l'élévation du niveau sonore n'est que d'un peu plus de 1 dB(A). Cette très faible variation est due principalement à la disposition des camions et des tentes des vendeurs : à la fois tournés vers l'intérieur du marché, enfermant les sons, et par la grande présence de matériaux absorbants (toiles) gardant les sons au sein même de l'espace de leur production.

N°	Durée	Titre	Techniques	Date	Auteurs
03	0'49"	Séquence in situ 3 Place du marché puis éloignement - (jour de marché) Fragment sans commentaire	DAT - Microphone stéréophonique 120° - dynamique	Vendredi 14 mars 1997 à 10h20	NT - NB
04	0'54"	Séquence in situ 4 Zone dite du "village" - (jour de marché) Fragment avec commentaires (niveau sonore faible)	DAT - Microphone stéréophonique 120° - dynamique	Vendredi 14 mars 1997 à 10h30	NT - NB

Figure 83 : Exemple 1 - Fragments sonores correspondants

b. Effet de masque et perceptions

Dans ce second exemple, le participant marche le long d'une route à deux voies bordée d'immeubles bas, passe le long d'un rond-point (emplacement 3) assez fréquenté, le dépasse, puis longe un trottoir pour arriver sur un espace ouvert avec un arrêt de tramway (emplacement 4).

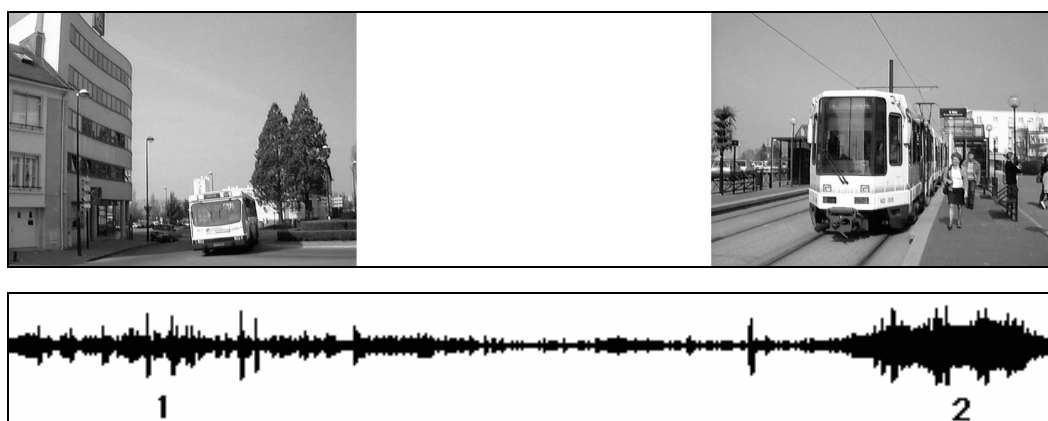


Figure 84 : Exemple 2 - [Sonomètre indiquant le passage d'un bus et de voitures au rond point puis du Tramway 20 m plus loin] Deux effets de masque / Deux perceptions différentes

La première étape d'analyse montre par les commentaires que pour les participants, il y a un effet de masque par deux fois. Un premier effet de masque a lieu lors du passage du rond-point à forte circulation. Il s'agit du bruit de la circulation autour du rond-point qui masque le reste de l'environnement sonore. Les niveaux sonores relevés sur la bande son étalonnée sont peu élevés mais prégnants. L'effet est perçu comme très gênant. Le rapport au temps est presque de l'ordre de la **permanence, d'un continuum**.

À l'inverse, un second effet de masque provoqué par l'arrivée du tramway juste après le rond-point, 20 mètres plus loin, n'est jamais perçu comme gênant, bien que les niveaux sonores soient nettement plus importants. Le tramway masque tout autant l'environnement sonore ambiant, mais aussi la circulation automobile autour du rond-point qui engendrait le premier effet de masque. Le rapport au temps est de l'ordre d'une **dynamique** (l'arrivée crescendo, l'arrêt, puis le redémarrage) à laquelle s'ajoute de l'**événementiel** (clochette d'avertissement, sifflement des freins, portes qui s'ouvrent, brouhaha des gens qui sortent, etc.). De plus l'ensemble forme une séquence d'enchaînement avec un fort caractère narratif.

N°	Durée	Titre	Techniques	Date	Auteurs
01	0'52"	Séquence <i>in situ</i> 1 Passage du rond-point Fragment avec commentaires	DAT - Microphone stéréophonique 120° - dynamique	Jeudi 13 mars 1997 à 15h30	NT - NB
02	1'23"	Séquence <i>in situ</i> 2 Passage du rond-point, puis au long du tram. (jour de marché) Fragment sans commentaire	DAT - Microphone stéréophonique 120° - dynamique	Vendredi 14 mars 1997 à 10h15	NT - NB

Figure 85 : Exemple 2 - Fragments sonores correspondants

Mais déjà, par cette description articulée, nous quittons la partie concernant les mesures, pour donner une présentation pluridisciplinaire de ces phénomènes. C'est le travail qui correspond à la seconde analyse : le croisement des corpus.

2.4. Les parcours d'écoute qualifiée : Tenants et aboutissants

2.4.1. De la définition des effets à la caractérisation des ambiances sonores

Cette étape consiste à condenser puis à mettre en parallèle dans un tableau les corpus recueillis dans les étapes antérieures. Ce tableau permet de les croiser pour en faire une synthèse. Il y a autant de tableaux que de zones délimitées pour l'étude.

Le tableau d'analyse est composé avec les contenus suivants.

- Les éléments sonores enregistrés sur les bandes D.A.T. en les nommant.
- Les commentaires des *parcourants* qui s'y réfèrent en sélectionnant les extraits les plus significatifs.
- Une dénomination qui soit par un effet sonore, soit par un terme que l'on trouvera adéquat, spécifie le rapport entre l'élément sonore (ou les éléments sonores) et les commentaires qui les qualifient. Les termes utilisés sont en italiques quand il s'agit d'effets sonores répertoriés. Il peut y avoir plusieurs effets pour un même phénomène sonore.
- Le(s) type(s) de rapport(s) au temps dans lesquels sont les éléments ou les phénomènes sonores relevés. Cette colonne contient aussi des informations qui auraient trait à l'idée de séquence, d'enchaînement.
- Lorsque c'est pertinent, les mesures qui permettent de quantifier les éléments ou les phénomènes sonores.
- Les remarques, les observations et les éléments de synthèse de l'enquêteur.

La présentation finale de cette seconde analyse sous forme de tableau nécessite de situer juste en amont un rappel du contexte par une synthèse des éléments architecturaux et urbains de la zone étudiée.

a. Zone 1

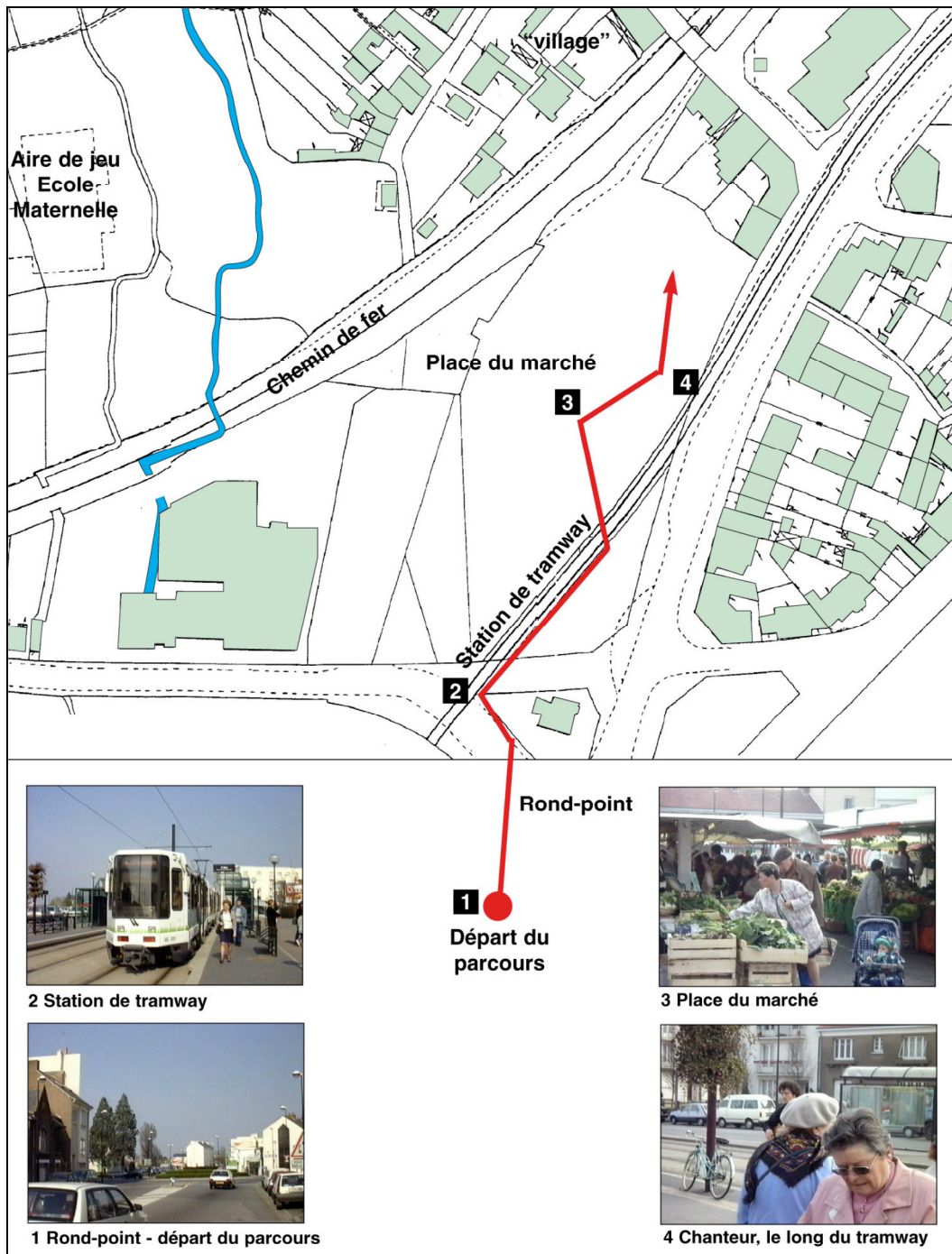


Figure 86 : Zone 1 - Rond-point + Tramway + Place du marché

N°	Durée	Titre	Techniques	Date	Auteurs
01	0' 52"	Séquence in situ 1 Passage du rond-point Fragment avec commentaires	DAT - Microphone stéréophonique 120° - dynamique	Jeudi 13 mars 1997 à 15h30	NT - NB
02	1' 23"	Séquence in situ 2 Passage du rond-point, puis au long du tram. (jour de marché) Fragment sans commentaire	DAT - Microphone stéréophonique 120° - dynamique	Vendredi 14 mars 1997 à 10h15	NT - NB
03	0' 49"	Séquence in situ 3 Place du marché puis éloignement - (jour de marché) Fragment sans commentaire	DAT - Microphone stéréophonique 120° - dynamique	Vendredi 14 mars 1997 à 10h20	NT - NB

Figure 87 : Zone 1 - Fragments sonores correspondants

Voici un exemple, extrait d'un tableau plus vaste, dans lequel on retrouve les deux effets de masque (indiqués en gras) de la situation traitée précédemment dans la partie sur les mesures :

Enregistrement (D.A.T.)	Expressions remarquables (extraits) (Dictaphone)	Qualification Effet sonore	Temporalité Séquence	Mesures indicatives	Synthèse Remarques
Flux de voitures	<p>- ... en fait, le bruit des voitures masque absolument tout autre bruit possible. Je vois le tramway que je n'entends même pas.</p> <p>- le cyclo, mais je ne l'ai pas vraiment entendu, on n'entend plus d'oiseau du tout.</p> <p>- Donc là c'est... Alors là on pouvait rien dire tellement on n'entend rien.</p>	Masque	Permanence Continuum	$L_{eq(10\text{ s})} = 63\text{ dB(A)}$ (pendant trafic)	Les participants s'arrêtent même de parler (les voitures masquant leur voix), ils attendent que ça passe ou que eux soient passés. En général, les gens accélèrent le pas au passage du rond-point.
Passage du tramway (Arrivée, clochette, freins, arrêt, ouverture des portes, sortie et entrée des gens, fermeture des portes, redémarrage)	<p>- J'entends le... oui, le... légèrement le tramway.</p> <p>- Là, j'entends le tramway qui passe.</p> <p>- Le tram redémarre, ça me siffle un peu dans les oreilles.</p> <p>- La clochette du tram...</p> <p>- VRRRUMMM il redémarre... je l'entends très fort.</p> <p>- et le tram qui arrive... voilà... il ralentit... WHIZZZZ, un espèce de sifflement... voilà, il siffle encore. Il s'arrête.</p>	Émergence Crescendo Masque Signal	Événementiel Enchaînement	$L_{eq(10\text{ s})} = 75\text{ dB(A)}$ (pendant arrivée tramway) $L_{max} = 84\text{ dB(A)}$	Les gens citent beaucoup plus l'arrivée du tramway que son départ. Séquence à forte valeur narrative
Flux de voitures	<p>- J'entends quasiment que la circulation.</p> <p>- Oh, c'est carrément stressant... ça pourrait se calmer. J'attends ça avec impatience.</p> <p>- voiture, voiture, voiture...</p> <p>- A part la circulation, rien</p>	Continuum prégnant Répulsion	Flux, dépendant principalement des heures d'activité de la journée. Horaires de travail.	Niveau sonore élevé	Continuum perçu très négativement, incitant à passer très vite le rond-point.

Enregistrement (D.A.T.)	Expressions remarquables (extraits) (Dictaphone)	Qualification Effet sonore	Temporalité Séquence	Mesures indicatives	Synthèse Remarques
	<p>d'autre.</p> <p>- Un trafic très dense, même très surprenant en fait.</p> <p>- Beaucoup de voitures, et ça fait toujours le même bruit, VRRROUM VRRROUM... toujours.</p> <p>- En fait les bruits dérangent nettement quoi.</p>				
Absence du flux	<p>- Y-a plus de voiture, c'est beaucoup plus calme d'un coup.</p> <p>- Maintenant la circulation n'est plus aussi dense.</p>	Coupure	Moments « creux » de la journée	$L_{\min} = 48 \text{ dB(A)}$	Apaisement
Variations moteurs	<p>- Une voiture au rond-point qui change de vitesse.</p> <p>- Ça fait deux voitures qui passent au rond-point, on a un peu l'impression que, il y a une espèce de passage en roue libre ou presque, où le moteur est en changement de vitesse.</p> <p>- circulation, accélération, décélération...</p> <p>- Bon, ben là j'entends bien le bruit des voitures... accélération, désaccélération.</p>	Vague Décrescendo Crescendo	Séquence sonore des moteurs autour du rond-point, en général, désaccélération, changement de vitesse parfois un temps très court en « roue libre », puis accélération		
	<p>- Ouh la la malheur..... et voilà, c'était une mobylette.</p> <p>- Une mobylette va démarrer... une mobylette passe BRRRAAMM...</p>	Anticipation Crescendo ou irruption	Vision puis audition en crescendo si le véhicule poursuit le chemin anticipé ou démarre par exemple		On voit un véhicule arriver, on craint par avance la puissance sonore de son passage.
Sons caractéristiques de véhicules	<p>- Alors là, j'entends des bruits de mobylette... encore un bruit de mobylette, très désagréable.</p> <p>- Une mobylette derrière nous qui c'est (elle vrombit) Whaou, ça tue les oreilles ça !</p> <p>- Une voiture encore plus agréable (ironie), le pot d'échappement peut-être... un bruit heu... ben de roulement.</p> <p>- heu, j'entends le... freinage d'un bus, j'ai entendu le freinage d'un bus... le grincement des pneus.</p> <p>- un diesel...</p> <p>- Il y a une moto qui passe, une GROSSE moto qui</p>	Émergence Irruption Signaux sonores	Événement	Variation en intensité ou en fréquence.	Perception comme une nuisance de ces "événements" sonores

Enregistrement (D.A.T.)	Expressions remarquables (extraits) (Dictaphone)	Qualification <i>Effet sonore</i>	Temporalité Séquence	Mesures indicatives	Synthèse Remarques
	<p>passé.</p> <p>- Là, il y a un scooter qui passe donc il fait un bruit... infernal.</p> <p>- Là il y a un bus qui vient de démarrer.</p>				
Passage de véhicules sur les rails du tramway ou sur les passages pour piétons	<p>- Les voitures qui traversent le, le passage du tramway, font un son euh, enfin, elles coupent les 4 rails du tramway, et on entend ce, ces 4 coups. A chaque fois que la voiture traverse, là y en a une... voilà, c'est presque à retardement.</p> <p>- voilà, voiture avec remorque, et les rebonds de la remorque sur les rails... nous sommes sur les rails du tramway... oui, on entend différent quand les voitures passent sur les rails du tramway.</p> <p>- TACATAC sur le passage du tram, à cause des rails.</p> <p>- Des pneus sur les rails du tramway...</p> <p>- Là le bruit que l'en entend et bien ce sont les pneus sur les, les rails, le rythme que ça fait...</p> <p>- J'entends les voitures qui passent sur les passages, ça fait..... comment définir le bruit des voitures qui passent sur un passage piéton ? (tentative d'onomatopée un peu inaudible).</p>	Répétition	<p>Sons très bref généré à chaque passage d'un véhicule.</p> <p>Séquence différente pour les bus et les camions.</p>	Intensité variant en fonction du poids du véhicule	Reconnaissance du type de véhicule en fonction du claquement : voiture, camion, bus, moto) et de sa vitesse.

Figure 88 : Zone 1 - Tableau d'analyse croisée des corpus

Pour continuer avec l'exemple sélectionné dans la partie concernant les mesures, voici une lecture du tableau pour les caractéristiques se rapportant aux deux effets de masque :

Ce court trajet contient deux effets de masque liés aux passages de véhicules. Le premier est généré par la circulation automobile autour du rond-point. Il se caractérise de plusieurs façons. Tout d'abord, les gens l'expriment directement : *le bruit des voitures me masque tout...* Deuxièmement, ils l'expriment aussi indirectement par sa prégnance sur le contexte général, c'est par la vue que l'on a

conscience de l'impossibilité d'entendre un son : *Je vois le tramway que je n'entends même pas...* Troisièmement, on s'en aperçoit à travers l'écoute même des commentaires, les personnes s'arrêtent de parler et reprennent leur discours le rond-point passé. Quatrièmement, il s'enregistre et cinquièmement il se caractérise par une mesure. Cet effet est perçu en général comme gênant : on retrouve cette connotation négative dans différents commentaires allant jusqu'au gommage de l'identité même de ce qui fait le masque : *on n'entend plus rien* alors que l'on n'entend que lui !

À l'inverse, l'effet de masque provoqué par l'arrivée d'un tramway, n'est jamais perçu comme gênant, alors que les niveaux sonores sont nettement plus importants. Les éléments sonores propres au tramway et à son usage possèdent la double propriété d'être à la fois événementiel (contrairement à la circulation automobile qui est perçue comme un continuum - *ça ne s'arrête jamais* -, bien que, quand on regarde le sonagramme sur une longue durée (1/4 heure), on se trouve en présence de rythme, de périodes de silence) et narratif (l'enchaînement de ses éléments forment une séquence signifiante).

b. Zone 2

Dans un second exemple très différent, bien que situé à quelques mètres du précédent, le participant emprunte un chemin de terre battue, puis une route gravillonnée, dans un quartier pavillonnaire limitrophe d'une zone urbaine plus importante (commerces, immeubles, carrefours, tramway...).

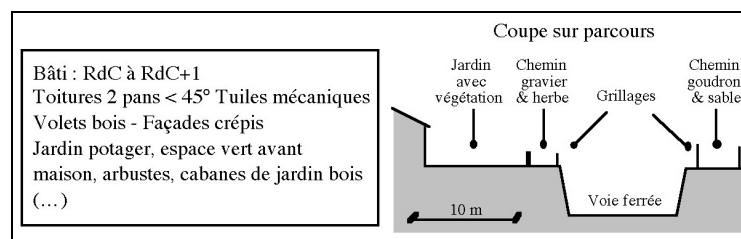


Figure 89 : Zone 2 - Coupe sur parcours

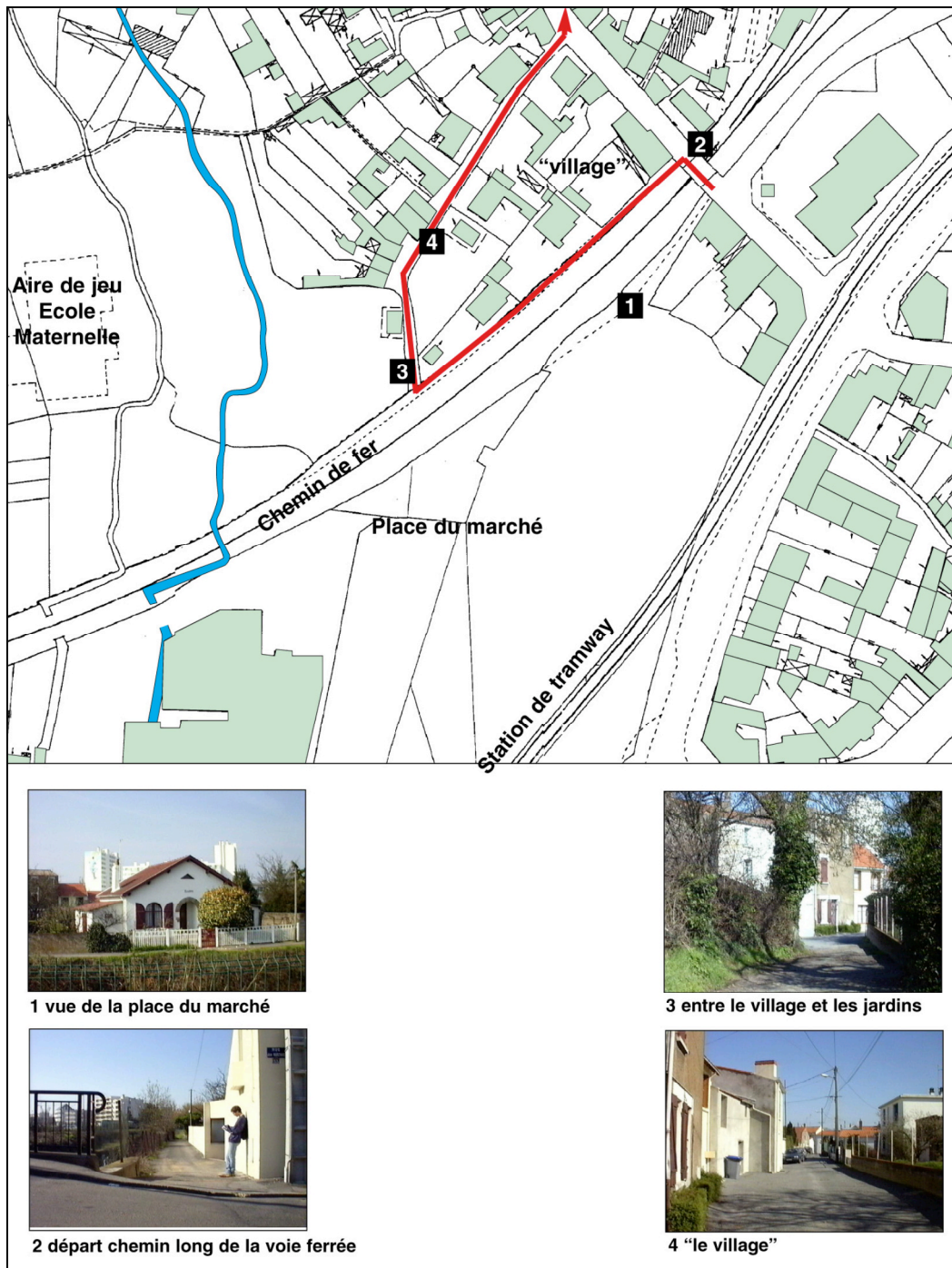


Figure 90 : Zone 2 - dite du "village" - Séquence sonore n°4

N°	Durée	Titre	Techniques	Date	Auteurs
04	0'54"	Séquence <i>in situ</i> 4 Zone dite du "village" - (jour de marché) Fragment avec commentaires (niveau sonore faible)	DAT - Microphone stéréophonique 120° - dynamique	Vendredi 14 mars 1997 à 10h30	NT - NB

Figure 91 : Zone 2 - Fragment sonore correspondant

Enregistrement (D.A.T.)	Expressions remarquables (extraits) (Dictaphone)	Qualification <i>Effet sonore</i>	Temporalité Séquence	Mesures indicatives	Synthèse Remarques
Aboiements	- Ah! Là c'est un chien qui est en train de, qui aboie, parce qu'il a dû nous sentir. - Là, il y a le chien qui reprend... - Là, c'est un autre chien qui est plus près.	<i>Irruption</i>	Notre passage déclenche l'aboiement d'un chien, puis d'un autre...	Illustration de ce phénomène par un graphe intensité / temps	Interaction citadin avec son milieu
Voix forte	- Il y a même le maître qui crie au loin...	<i>Enchaînement</i>	...avec parfois le « C'est pas fini! » d'un maître au loin.		
Pas sur les graviers	- Là on s'engage dans un petit chemin goudronné avec du sable aussi... ça crépite toujours sous mes pas SCHRIIT SCHRIIT. - Comme tout à l'heure j'entends mes pas, c'est du goudron avec des petits graviers, du sable par dessus.	<i>Accompagnement</i>	Continu sur toute cette partie		Interaction citadin avec son milieu
Oiseaux	- Vous entendez les petits oiseaux ? CUI CUI... - Les oiseaux plus présents. - un corbeau sur la gauche... les oiseaux sifflent... les oiseaux...	<i>Irruption</i> <i>Attraction</i>	Continu sur toute cette partie	Haut niveau sonore, principalement dans le spectre des aigus. Crêtes à $L_{max} = 80 \text{ dB(A)}$	Les habitants du quartier remarquent beaucoup moins les oiseaux que les personnes venant d'un lieu plus urbain, ceci malgré la forte émergence dans les aigus. Souvent les personnes s'arrêtent pour mieux écouter les oiseaux.
Enfants Jeux de ballon	- On entend nettement des enfants qui jouent... plusieurs enfants, heureux, ils crient leur joie, ils ont gagné. - Ouais, en plus on a presque l'impression d'être dans la cour de l'école, on les voit presque jouer.	<i>Ubiquité</i> <i>Émergence</i>	Horaires de récréation et des activités extérieures		L'école avec son aire de jeu est légèrement en contrebas à 250 m.
Tramway Clochette	- Là! (reconnaissance immédiate) je viens d'entendre la cloche du tram,... j'oriente mon micro à droite en fait vers la ligne de	<i>Émergence</i> <i>Citation</i>	Fréquence selon les horaires et les jours		Le son du tramway malgré son niveau assez élevé n'est pas

Enregistrement (D.A.T.)	Expressions remarquables (extraits) (Dictaphone)	Qualification Effet sonore	Temporalité Séquence	Mesures indicatives	Synthèse Remarques
	<i>tram et je l'ai bien entendu ... sans regarder...</i>				cité si la clochette n'est pas utilisée.
Bruit de fond Circulation routière	- <i>On se croirait à la campagne d'un seul coup parce que derrière moi, j'ai la ville, et là j'ai l'impression de rentrer à la campagne parce que je ne vois ni la ligne de chemin de fer, ni les voitures...</i> - <i>Mais il y a toujours ce bruit de fond comme si c'était la mer au loin.</i>	Drône urbain bourdon Contraste	Continu	Niveau sonore avec le marché sur la place : L _{eq} = 60 dB(A) Sur le chemin : L _{eq} = 43,6 dB(A)	La sensation de calme est renforcée par le type de bâti moins urbain, la végétation et par la non visibilité des sources (voitures, tram, école...)

Figure 92 : Zone 2 - Tableau d'analyse croisée des corpus

2.4.2. De la caractérisation des ambiances sonores à la modélisation d'un effet

a. Prégnance de l'in situ

Réécoutons les fragments sonores n° 2 et 3 d'affilée.

Ils correspondent à la traversée de ce qui précédemment a été nommée Zone 1 (cf. carte de la partie précédente) : le rond-point automobile suivi de la station de tramway, puis de la place du Port au Blé en pleine activité de marché, pour enfin s'en éloigner. L'ensemble de ce parcours fait moins de 200 mètres et ne prend pas plus de 2 minutes, même en zigzaguant. L'espace parcouru est plus marqué par des changements d'activités (route, tramway, marché) que par un cadre bâti qui varierait rapidement (on reste dans un espace public ouvert).

N°	Durée	Titre	Techniques	Date	Auteurs
02	1' 23"	Séquence in situ 2 Passage du rond-point, puis au long du tram. (jour de marché) Fragment sans commentaire	DAT - Microphone stéréophonique 120° - dynamique	Vendredi 14 mars 1997 à 10h15	NT - NB
03	0' 49"	Séquence in situ 3 Place du marché puis éloignement - (jour de marché) Fragment sans commentaire	DAT - Microphone stéréophonique 120° - dynamique	Vendredi 14 mars 1997 à 10h20	NT - NB

Figure 93 : Caractérisation des ambiances - Fragments sonores correspondants

Description des dynamiques des ambiances sonores avec l'indication des effets (voir en annexe [6] pour une définition des effets indiqués entre parenthèses et en gras) :

La rumeur automobile est là, toujours, en fond sonore. On est au niveau du rond-point, le rythme des automobiles est assez désagréable bien qu'il ne soit pas aussi soutenu que ça (**effet de vague**). Il envahit tout l'espace sonore. On n'entend rien d'autre, ou plutôt on n'entend que ça. D'ailleurs on ne s'entend même plus (**effet de masque**). La circulation couvre tout. On accélère le pas (**effet de répulsion**).

Le rond-point à peine dépassé, les sons des automobiles sont toujours là. Ils paraissent moins prégnants. On leur tourne le dos et donc un peu aussi les oreilles (**effet Doppler**). Maintenant, c'est tout ce qui est devant nous qui vient faire événement. L'espace sonore se discrétise : le *touriquet* des roues d'un vélo qui passe, le claquement des talons féminins sur le sol, le cliquetis d'une clochette de tramway, quelques voix, un sifflement, le chant d'un oiseau, les petits clac clac rapprochés lorsque les voitures roulent sur les rails du tramway (**effets d'émergence**)... Le sol lisse et dur rend l'espace présent dans chacun de ces sons (**effet de réverbération**).

Une clochette de tramway (**effet d'irruption**), on l'entend bien avant le sifflement de l'arrivée progressive du tramway (**effet de crescendo**). Il s'ensuit un engrenage d'éléments connus (**effet d'enchaînement**) : crissement léger des freins, le son des portes qui s'ouvrent, puis une bouffée sonore humaine qui s'en échappe.

À peine dépassé l'avant du tramway, la rumeur du marché augmente, on n'est pas encore dedans. Puis on pénètre en son sein, la différence est immédiate (**effet de coupure**), ce n'est plus une rumeur continue, un brouhaha uniforme, mais une dynamique bien vivante et signifiante (**effet de métabole**). On est dedans. Tellement dedans qu'on ne se souvient pas d'avoir entendu le tramway repartir. Ici, tout est proximité et tout est changeant, tout disparaît et réapparaît, rien ne reste et tout est là. On ne distingue plus rien de continu, il n'y a plus des éléments de fond et d'autres qui restent au premier plan. On passe d'un son à un autre, sans forcément s'en rendre

compte. C'est à la fois tout le temps différent et c'est à la fois tout le temps identique (**effet de métabole**).

Un tramway arrive (**effet de crescendo**). Il recouvre complètement l'ambiance sonore du marché (**effet de masque**). Le bruit augmente progressivement, pour en devenir assourdissant. Puis, curieusement, il la laisse réapparaître plus rapidement qu'elle n'avait été masquée.

Mais malgré la forte activité du marché, malgré le passage du tramway, un chanteur de rue avec son accordéon se fait entendre (**effet d'irruption**). Il trouve une place dans l'espace sonore déjà très occupé (**effet de créneau**). Situé dos au tramway, à la limite du marché, la concurrence des décibels autour de lui n'a pas l'air aussi rude que cela. On l'écoute (**effet d'attraction**). On n'entend que lui (**effet de synecdoque**). Tout le reste est gommé (**effet d'asyndète**). Alors qu'on a quitté le marché on l'entend toujours. On s'éloigne, il s'éloigne. La rumeur automobile est là, progressivement retrouvée (**effet de fondu enchaîné**), toujours, en fond sonore.

En moins de deux minutes, nous sommes passés d'une ambiance à une autre par des dynamiques auxquelles nous participons. Parmi les espaces traversés, la partie de la place pendant l'activité de marché est une des plus intéressantes du point de vue de la dynamique. Changeant continuellement tout en restant identique, l'ambiance de marché est presque une caricature d'une structure métabolique. L'effet de métabole n'y est pas que sonore, mais aussi visuelle, olfactive, tactile, sociale, etc.

On retrouve dans l'étymologie²⁴³ du mot le verbe *baller*, qui en ancien français signifie *danser, remuer, se balancer*", en grec "*se trémousser*", une façon plaisante

²⁴³ "Métabole : n.f. est emprunté (1553) au latin impérial " *metabola* ", métabole " changement ", employé comme terme de rhétorique et de musique chez Quintilien. Lui-même est calqué du grec *metabolé* " déplacement ", d'où " changement, échange ", quelque fois en mauvaise part " inconstance, mobilité " ; le mot est formé de meta (méta -) et de ballein (*baller*). Le mot est introduit au XVI^e siècle dans sa double spécialisation : il est employé comme terme de rhétorique pour un changement dans les mots ou dans les phrases, et en musique (1578) pour une transformation dans l'ordre du rythme ou de la mélodie." In *Le Robert, Dictionnaire historique de la langue française* (1995) Sous la direction d'Alain Rey, Paris : Éd Dictionnaires le Robert, p. 1232.

de caractériser un ensemble d'éléments définis qui se réorganisent dans une dynamique permanente, les uns par rapport aux autres autant que chacun par rapport à l'ensemble.

L'effet de métabole est peut-être un des effets les plus difficiles à cerner. Est-il seulement possible de l'enregistrer ? Si la relation que nous entretenons avec l'espace participe de son émergence (immersion, relations entretenues avec les éléments du contexte, production sonore, etc.), on ne peut sur un enregistrement sonore qu'en illustrer le critère collectif et mouvant. On ne peut qu'en obtenir une représentation plus ou moins éloignée du ressenti qui demande une participation corporelle. Mais cette nécessité de *in situ* pour qu'il y ait réellement effet n'est pas spécifique à l'effet de métabole, mais sans doute est-ce le propre de tous les effets sonores. Aussi pour fonctionner les représentations font-elles appel à notre expérience. Avant de passer à la partie modélisation, nous allons nous arrêter sur une tentative de quantification de l'effet de métabole, puis sur la notion de temps non pulsé.

b. Difficultés d'une quantification

Pour l'instant, l'effet de métabole semble surtout se caractériser par sa grande difficulté à être abordé par les outils *classiques* de l'acoustique physique. En effet, nous avons testé dans une courte étude si certains critères de métrologie acoustique pouvaient à partir du signal sonore être susceptibles de quantifier une structure métabolique²⁴⁴. Les résultats de cette étude vont plutôt montrer que non. Voici résumés, les objectifs et la conclusion.

L'objectif initial de ce travail est double :

"Bal : n. m. est le déverbal (1150-1200) de l'ancien et moyen français *Baller* (v. 1165) " danser ", " remuer, se balancer " (av. 1249). Ce verbe est sorti d'usage vers la fin du XVIII^e siècle *Baller* est issu du bas latin *ballare* " danser " (Saint Augustin), qui se rattache par le sens au grec *ballizien* " se trémousser, danser ", mais dont la forme interdit l'hypothèse d'un emprunt direct", p. 165.

²⁴⁴ Ce travail a été principalement mené par Laveaud Samuel (1998). *L'effet de métabole. Possibilité d'une caractérisation acoustique ?*, Mémoire de maîtrise de Physique et Application, Université Joseph Fourier, Grenoble : Cresson, sous la direction de Jean-Jacques Delétré avec l'encadrement de Nicolas Rémy et de Nicolas Tixier.

- Il consiste dans un premier temps à établir une base de donnée sonore d'espaces métaboliques urbains. Ce travail se présente sous la forme d'un CD audio²⁴⁵. Il regroupe 26 fragments sonores de différents lieux urbains où le caractère métabolique de l'espace sonore peut être appréhendé : des marchés, des rues piétonnes, des collèges, une piscine, un restaurant universitaire, des galeries commerciales, etc. Cette appréhension se fait au travers d'une grille d'écoute qui met en comparaison les fragments les uns par rapport aux autres. L'analyse de ces terrains a permis de mettre en évidence des causes *circonstanciennes* (plus ou moins déjà connues et assez évidentes) à l'apparition de l'effet de métabole :
 - Dimension architecturale : des espaces plutôt fermés que cela soit par du bâti ou par des dispositifs mobiles,
 - Dimension physique : la présence de réverbération, voire de plusieurs types de réverbération (temps différent) qui peuvent s'entendre d'un même point d'écoute,
 - Dimension sociale : des activités humaines ayant un caractère collectif.
- Dans un second temps, à partir de ces 26 fragments sonores, il s'agit de tester les critères "classiques" de la métrologie acoustique pour voir s'ils sont susceptibles de quantifier une structure sonore métabolique. En effet :
 - Si la métabole est définie par "l'instabilité de la structure sonore perçue dans le temps" ; cette structure peut-elle être décrite par une évolution temporelle des niveaux sonores grâce à un histogramme (pourcentage de temps passé en fonction du niveau par bandes de fréquences) ou par des analyses fréquentielles des signaux sonores remarquables (attaque, niveau, timbre, etc.) ?

²⁴⁵ Tixier Nicolas, Laveaud Samuel, Rémy Nicolas (1998). *Effet de métabole. 26 fragments sonores en*

- Si la métabole est définie par "la distinction des parties ou de l'ensemble" ; peut-on trouver des intervalles pour des critères favorables à l'émergence de l'effet de métabole comme le temps de réverbération²⁴⁶, la clarté²⁴⁷, l'intelligibilité²⁴⁸, etc. (c'est-à-dire principalement des critères basés sur une décroissance de l'énergie sonore) ?

À l'issue de ces analyses principalement comparatives sur l'ensemble des terrains d'étude, il est apparu difficile de cerner des critères métrologiques susceptibles de caractériser toute structure sonore métabolique à partir uniquement du signal. Un critère qui s'avère pertinent pour une situation ne l'est plus pour une autre. Par exemple, la forme de l'évolution temporelle (L_{eq} 50 ms) pour le fragment d'un marché permet d'un seul coup d'œil de voir sans ambiguïté deux périodes bien différenciées. La connaissance du fragment sonore permet, ensuite, de désigner la période métabolique. Par contre, ce critère, qu'il faudrait encore mieux définir (c'est-à-dire en préciser le caractère non-stationnaire du signal) est beaucoup moins signifiant pour d'autres lieux qui peuvent eux aussi être des marchés. Il en est allé de même pour les différents paramètres.

milieu urbain, CD audio, Grenoble : Cresson, Contrat Arassh Région Rhône-Alpes.

²⁴⁶ "**Le temps de réverbération** est un critère classique de l'acoustique, bien corrélé avec diverses sensations sonores (...). Le critère de durée de réverbération pour tout spectre sonore (large bande) se note sous la forme TR_{60} . Physiquement, c'est, pour un point éloigné de la source, la durée que met un bruit stable pour décroître de 60 dB lorsqu'il est brutalement coupé. Cette durée s'exprime en secondes. On peut également définir une durée de réverbération pour chaque octave." In Odion Jean-Pierre, Chelkoff Grégoire (1995). *Testologie architecturale des effets sonores*, Grenoble : Cresson, multig., p. 39.

²⁴⁷ "**La clarté** est un critère fondé sur le ratio entre énergie et temps. Il s'agit, pour une impulsion sonore, du rapport de l'énergie qui nous parvient pendant les x premières millisecondes avec l'énergie qui nous parvient après ce délai. La notation est ensuite traduite en décibels en prenant dix fois le logarithme du rapport. "x" est généralement choisi entre 50 et 80 millisecondes (C_{50} , C_{80}). Plus l'énergie nous parvient tôt, plus le lieu est qualifié de clair. Inversement, il sera dit brouillé." Ibid. p. 39.

²⁴⁸ "**L'intelligibilité** est un critère directement lié à l'intelligibilité de la parole en fonction du bruit ambiant masquant. Ce critère est noté STI (Speech Transmission Index). Ce critère évolue entre 0 et 1. L'intelligibilité est considérée comme excellente lorsque le STI est égal ou supérieur à 0,9. Elle est bonne pour des valeurs autour de 0,8, moyenne pour 0,5, etc." Ibid. p. 39

Sachant qu'il existe bien d'autres "incarnations" de l'effet de métabole dans notre environnement²⁴⁹, il était de toutes façons très ambitieux, voire un peu irréaliste, de prétendre extraire de ces analyses des critères immuables pour toute situation.

Cependant, il est clair que les tests réalisés dans cette étude constituent une base sur laquelle des travaux ultérieurs pourront s'appuyer, à savoir :

- Tout traitement du signal doit pouvoir être envisagé dans une logique à la fois temporelle et fréquentielle. L'analyse fréquentielle en temps réel offre des possibilités intéressantes, mais on pourrait se tourner aussi vers des techniques d'analyse temps-fréquences par ondelettes²⁵⁰ qui mettent en valeur les dynamiques dans le signal. Elles permettraient de mieux caractériser cette "similitude des timbres, des hauteurs, des intensités" qui constitue une structure sonore métabolique.
- Il faudrait aussi interroger plus finement le rôle de l'espace dans l'établissement de ces structures sonores. Les critères de l'acoustique des salles semblent, dans ce sens, pouvoir répondre à nos exigences. Même s'il a été impossible de mener à bien toutes les mesures (car les manipulations pour mesurer ces critères sont souvent difficiles voire impossibles en espaces publics ouverts), nous pouvons supposer que, comme nous avons commencé à le faire, dans une certaine gamme de valeurs, on puisse dire que certains favorisent, ou non, l'émergence d'un effet métabolique (réverbération, clarté, etc...).

²⁴⁹ Cf. les travaux de Pascal Amphoux, (1993). *L'identité sonore des villes européennes, guide méthodologique*, Op. Cit. Il propose trois facteurs pour qualifier "le métabolisme d'un environnement sonore" : la clarté compositionnelle, la distinctibilité, la complexité. La clarté compositionnelle peut à son tour être subdivisée en quatre types de structures métaboliques : les structures informelles, les structures duales, les structures schizophoniques et les structures emboîtées.

²⁵⁰ L'analyse par ondelette consiste à faire une analyse de Fourier par "fenêtre" afin de retrouver la dimension temporelle. En effet, l'analyse de Fourier oblige à choisir comme variable soit le temps soit la fréquence. Pourtant "nos expériences quotidiennes - notamment nos sensations auditives - imposent une description en termes de temps et de fréquences" [Gabor 1946]. La technique consiste à prendre une ondelette aux divers morceaux du signal. Le produit d'un morceau du signal donne une courbe et l'aire située sous cette courbe est égale au coefficient d'ondelette. Un morceau du signal qui ressemble à l'ondelette donne un gros coefficient, un morceau qui change lentement donne un petit coefficient.

Ce travail avait deux objectifs. Le premier consistait à la réalisation d'un CD audio pouvant servir de base de données de fragments "à forte valeur métabolique". Le second avait l'ambition de vouloir définir des critères qui décrivent une structure sonore métabolique, c'est-à-dire une structure sonore dans laquelle, un auditeur pourrait percevoir un effet de métabole. En soi, cet objectif n'a donc pas été atteint. Mais on retrouve par cette conclusion provisoire l'essence même de certains effets sonores qui est justement qu'ils échappent à tout réductionnisme monodisciplinaire et causaliste. Ils sont une façon de nommer un moment dans lequel une particularité *advient*. Cette particularité, portée par l'émergence d'un phénomène, peut faire événement. C'est-à-dire qu'elle *fait effet* dans notre *espace-temps-sonore* quotidien. En résumé, **les effets sonores traversent et débordent les disciplines pour devenir caractéristiques d'une prégnance dans une dynamique vécue**. Par cette formulation, on rejoint l'hypothèse qu'une des composantes signifiantes majeures dans la perception (ou plus exactement dans l'association perception-action-représentation) de certains phénomènes sensibles se situe dans la dynamique de son organisation spatio-temporelle. Dynamique par laquelle ils s'actualisent en interaction avec un sujet en contexte.

Dans cette optique, nous avons dans un travail de DEA²⁵¹ proposé un usage de la Théorie des Catastrophes²⁵² de René Thom pour rendre compte de discontinuités perceptives signifiantes en utilisant des schémas analytiques abstraits (catastrophes élémentaires)²⁵³. Il s'agit de représentations qui utilisent un espace axé quantitativement, mais topologiquement qualitatif. Cet espace décrit des lieux de singularités et de bifurcations. Ce que Jean Petitot appelle "le problème de la

Ainsi **les ondelettes font ressortir les variations du signal**. D'après Burke Hubbard Barbara (1995). *Ondes et ondelettes. La saga d'un outil mathématique*, Paris : Éd. Pour la Science.

²⁵¹ Tixier Nicolas (1997). *Apports de théories morphodynamiques à l'approche des ambiances construites*, Grenoble : mémoire de D.E.A. Ambiances architecturales et urbaines, sous la direction de Pascal Amphoux, Isitem / Cresson.

²⁵² "La théorie des catastrophes a pour objet, à partir d'une morphologie donnée empiriquement ou de phénomènes discontinus, de reconstruire le modèle dynamique le plus simple qui puisse l'engendrer." in *Dictionnaire des mathématiques* (1983). Paris : Éd. P.U.F., Bouvier A. et Georges M., sous la direction de François le Lyonnais, [2^{ème} édition].

²⁵³ "C'est bien le concept de catastrophe qui fournit la première synthèse entre phénoménologie et objectivité physique" in Petitot Jean (1985). *Morphogenèse du sens*, Op. Cit., p. 40.

transformation de non-linéarités au niveau signal, en véritables phénomènes critiques, porteurs de catégorisations perceptivo-cognitives²⁵⁴. Les endroits singuliers (bifurcations, saut, etc.) représenteraient le temps et le lieu de l'effet. Il y a catastrophe lorsqu'une variation continue des causes entraîne une variation discontinue des effets. Il y a catastrophe, dit Thom, dès qu'il y a discontinuité phénoménologique.

Tout en représentant de façon discursive (les schémas se racontent) les modes d'apparition d'un effet ainsi que les passages d'un effet à un autre, ces schémas permettent une nouvelle structuration du champ des effets en traitant la question même des passages de la structure, ou d'un agencement quelconque à l'effet.

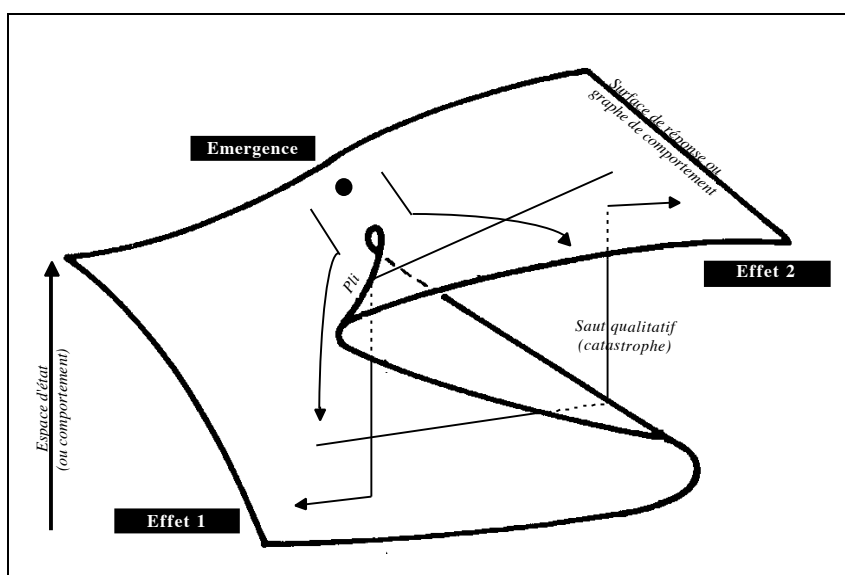


Figure 94 : La Fronce comme un des modèles discursifs élémentaires des passages d'un effet à un autre

Dans cette acceptation, on peut envisager l'effet de métabole comme une succession de changement (non uniformément rythmée) ; c'est-à-dire comme un enchaînement de passages d'une qualité topologique à une autre. Ces passages sont perçus comme des sauts qualitatifs (dans la nature et les caractéristiques des sons autant dans le type de l'effet). La métabole peut alors être considérée comme un effet fonctionnant à une

²⁵⁴ Petitot Jean (1994). "La sémiophysique : de la physique qualitative aux sciences cognitives", in *Passion des Formes* (sous la dir. PORTE M), Fontenay-St Cloud : ENS Editions, pp. 499-545.

échelle de type "meso" (intermédiaire) puisqu'il est la résultante d'un enchaînement d'autres effets liés par une organisation spatio-temporelle singulière : coupures, intrusion, irruption, disparition...

c. Un temps non pulsé

On vient de voir que la métabole ne semble relever d'aucune mesure (au sens musical : *battre la mesure...*), d'aucun rythme saisissable. Cette absence d'une mesure *mesurable* est donc une des caractéristiques de la métabole. En musique, quand on est en présence d'un rythme reconnaissable, on dit que l'on a affaire à un temps pulsé. **Dans une structure métabolique, on serait plutôt en présence d'un temps non pulsé.**

Gilles Deleuze, dans une conférence sur le temps musical²⁵⁵ donné à l'Ircam en 1978, propose une interprétation de ce qu'est le temps non pulsé. Cette réflexion permet le passage entre une description *in situ* des phénomènes et le travail de modélisation numérique sur l'effet de métabole réalisé grâce au modèle physique.

En quoi consiste un temps non pulsé selon Deleuze ?

"Le premier cas, le plus évident de ce temps, c'est qu'il est une durée, c'est-à-dire un temps libéré de la mesure régulière ou irrégulière. Un temps non pulsé nous met donc en présence d'une multiplicité de durées, hétérochrones, qualitatives, non coïncidentes, non communicantes."

Privée de la cadence métrique comme solution classique d'analyse, la question devient alors de savoir comment cet ensemble de durées s'articulent entre-elles ? Deleuze propose de produire une articulation de ces durées non pas en aval de la production du signal (il emploie lui le terme d'"extérieur"), par l'instrumentation d'une mesure ou par l'écoute, mais en deçà, en amont, à la source, à "l'intérieur"

²⁵⁵ Conférence non publiée mais enregistrée et retranscrite. Elle est disponible sur le site Internet : www.imagnet.fr/deleuze/TXT/IRCAM78.html - Titre : Conférence sur le Temps musical, Paris : IRCAM, 1978 - La conférence est articulée à partir de 5 œuvres sélectionnées par Pierre Boulez. Toutes les citations entre guillemets de ce paragraphe sont issues du texte retranscrit de cette conférence. Texte initial non paginé.

même de la structure : "Une population d'oscillateurs moléculaires, de molécules oscillantes, mises en couplage, et qui assure la communication des rythmes ou de la transrythmicité."

Deleuze propose alors de parler de molécule sonore, non pas comme des métaphores, mais comme des entités bien concrètes qui seraient "mises ensemble en couplage", assurant une "communication interne"²⁵⁶. L'ensemble de ces molécules en relation (il nomme cet ensemble une "population moléculaire") générerait les durées hétérogènes propres à un temps non pulsé. De ce fait, si le temps non pulsé ne se qualifie pas de façon exogène, mais par sa structure endogène, on ne peut plus parler de forme, on ne peut que parler de matériaux à travers sa structure interne.

"Ce à quoi on assiste, [...] c'est à la naissance d'un matériau sonore qui n'est plus du tout une matière simple et indifférenciée, mais un matériau très élaboré, très complexe ; et ce matériau ne sera plus subordonné à une forme sonore, puisqu'il n'en aura pas besoin : il sera chargé, pour son compte, de rendre sonores ou audibles des forces qui par elles-mêmes, ne le sont pas, et les différences entre ces forces. Au couple matériel brut - formes sonores, se substitue un tout autre couplage matériau élaboré - forces imperceptibles, que le matériau va rendre audibles, perceptibles."

Particule, relation, force, structure interne, etc... Tout est là pour passer au modèle physique et tenter de trouver des structures, des modèles, qui produiront par simulation des temps non pulsés et peut-être, par moments, certaines organisations *moléculaires* généreront des effets de métabole.

Ce type d'approche est à l'opposé de ceux qui sont choisis habituellement dans les milieux de la recherche modélisant l'environnement sonore. Les autres méthodes proposent des modèles plus cinématiques par des calculs de propagation, par

²⁵⁶ On peut quand même objecter à cette formulation que parler de molécules sonores serait un retour au phénomène. En reprenant les termes de Deleuze, c'est bien par la mise en couplage de la population moléculaire qu'il y a son, et non pas au niveau des molécules elles-mêmes. Il n'y a pas de molécule sonore, le son est une des conséquences de la structure et de ses interactions.

l'introduction d'équations de trajectoire, etc. Par ailleurs, il peut arriver que ces modèles soient utilisés de façon complémentaire dans une même application²⁵⁷.

Le modèle physique est assez éloigné de ces modèles qui visent principalement une reproductibilité des phénomènes à des fins de prédictions²⁵⁸. Le concept de modélisation de l'Acroe s'intéresse en premier lieu à trouver des structures en amont qui soient génératrices de phénomènes sensibles dynamiques, que ces phénomènes soient connus ou non.

C'est à cela que s'essaye la partie suivante.

²⁵⁷ Cela commence à être le cas dans les systèmes d'automates, ou pour un certain type d'action n'engageant a priori aucune cognition, on utilise un modèle physique et pour des actions plus complexes on s'appuie sur un modèle de propagation ou sur un modèle logique.

²⁵⁸ On peut parmi les nombreux travaux de modélisation de propagation du son dans l'espace urbain citer deux travaux majeurs :

- Le CSTB a mis au point un logiciel de prédiction des niveaux sonores en milieu extérieur (Mithra). Il est fortement utilisé pour calculer les répercussions sonores de telle implantation d'une nouvelle route, de tel effet de réduction sonore d'un mur anti-bruit, etc.
- Une importante recherche en cours, mettant en collaboration plusieurs laboratoires, élabore actuellement "un logiciel des ambiances sonores urbaines". Le modèle est basé sur un système de calcul de la propagation des ondes sonores, en considérant pour l'instant les rues comme des couloirs diffusants (travail de Judicaël Picaut). Le logiciel incorpore un modèle morphologique de l'espace urbain qui caractérise la rugosité du bâti par un coefficient de diffusion à partir d'une analyse multi-échelles basée sur des méthodes fractales (travail de Philippe Woloszyn au Cerma).

Laboratoire impliqués dans ce dernier projet : CERMA, LAUM, LAM, LCPC, CRESSON. Recherche dans le cadre de la fédération de recherche CNRS 73 "Physique et image de la ville". On peut avoir un résumé du projet dans Péneau Jean-Pierre & alii (1998). "Vers un logiciel des ambiances sonores urbaines", in *Acoustique & Techniques*, n°14, juillet, pp. 16-17. Pour plus de précision sur le modèle de propagation : Picaut Judicaël (1998). *Modélisation des champs diffus par une équation de diffusion - Application à l'acoustique des salles et à l'acoustique urbaine*, Thèse de doctorat de l'Université du Maine.

3. [Modélisations numériques]

Cette partie est titrée entre crochets. Il y a deux raisons à ce marquage typographique.

Premièrement, l'ampleur du travail réalisé sur l'effet de métabole concernant la phase de modélisation numérique est bien moindre par rapport à celui effectué sur les conduites de cheminement. Il y a des raisons non scientifiques à ce décalage²⁵⁹. Mais en dehors d'elles, il y en a d'autres plus inhérentes au sujet. Tout d'abord, il y a une raison presque culturelle, le visuel est d'un abord plus facile que le sonore tout au moins dans le domaine de l'architecture. Ensuite, il y a une réelle complexité à cerner l'effet de métabole, c'est-à-dire à connaître l'objet initial à modéliser. Et pour finir, il y a la complexité même de sa dynamique. Toutes ces raisons ont participé à cette inégalité quantitative de traitement.

Secondement, les travaux de modélisation numérique entrepris sur l'effet de métabole ont principalement été réalisés par Annie Luciani et Ewa Szalek. Nous en donnons donc ici un condensé illustré par 6 fragments sonores présents sur le CD audio [n° 5 à 10]. Ce travail est prometteur pour un rapprochement entre effet sonore *in situ* et phénomènes sensibles générés par modèle physique²⁶⁰. On y reviendra en conclusion.

²⁵⁹ Durée d'une thèse par rapport à l'ampleur du sujet, difficulté à trouver des stagiaires intéressés par le sujet, etc.

²⁶⁰ Ce rapprochement a été discuté et illustré in Fourcade Patrick, Luciani Annie, Tixier Nicolas (2001). "Modeling of sound ambiances : contributions of the physical model", La Haye, Pays-Bas : *Actes du colloque Inter.noise 2001*.

3.1. Modèle physique pour modéliser et synthétiser des effets de métabole

L'effet de métabole est donc un phénomène collectif dans lequel émergent une multitude d'éléments en interaction. Ces éléments pour un laps de temps assez court, sous une forme ou une autre, apparaissent et disparaissent continuellement. On retrouve cet effet dans les environnements sonores complexes mettant en jeu du public et des activités à caractère collectif (marché, piscine, cours de récréation, etc.). L'espace sonore est constitué d'éléments qui passent en permanence d'un premier plan sonore au fond sonore en étant immédiatement remplacés par un autre.

Il est possible d'observer des effets de métabole dans d'autres modalités sensorielles. Les odeurs sur le marché constituent sans doute une métabole olfactive. Le feu avec les flammes, le scintillement des reflets dans l'eau, laisse entrevoir ce que pourrait être une métabole visuelle. Tous les éléments bougent en permanence, très rapidement. On pense en capter un, et c'est un autre qui est déjà là. C'est à la fois tout le temps différent et tout le temps identique.

De nombreux musiciens contemporains ont essayé de composer des morceaux qui seraient métaboliques à l'écoute. On peut citer bien sûr les célèbres *métaboles* d'Henri Dutilleux²⁶¹ et le *Métastasis* d'Iannis Xenakis²⁶², mais on pourrait trouver de nombreux exemples dans les compositions de Michel Chion²⁶³, de Steve Warring, ou encore de Steve Reich, etc. Le résultat en général, s'il répond d'un désordre certain et d'une dynamique souvent imprévisible, laisse assez peu la possibilité d'une analogie avec la métabole telle qu'on essaye de la définir. Cette impression, que ces compositions ne sont pas métaboliques, est liée à l'idée que dans une métabole, rien ne doit être extraordinaire, il ne doit pas y avoir de surprise forte. Tout l'espace

²⁶¹ Dutilleux Henri (1964). *Métaboles*, Orchestre National de l'ORTF, dir. Ch. Münch (enr. 1967). CD audio Erato, réf 2292-456989-2.

²⁶² Xénakis Iannis (1954). *Metastasis*, pour orchestre (avec Eonta, Phthoprakta) Orchestre national de l'ORTF, dir. Maurice Le Roux. CD audio Chant du Monde, réf. CDM LDC 278368.

²⁶³ Chion Michel (1995). *Gloria*, mini-CD audio Metamkine, Cinéma pour l'oreille.

sonore doit presque être donné à l'avance. C'est son arrangement qui évolue, sa dynamique interne que l'on perçoit.

L'effet de métabole permet d'aborder la délicate et complexe question de l'émergence. Il semblerait que l'effet de métabole ne peut sans doute pas être décrit par un système de notation²⁶⁴. Il apparaît par lui-même, en lui-même, sans intervention extérieure et souvent d'une imprévisible façon. Son apparition se fait sous des configurations dynamiques spécifiques d'éléments multiples confinés dans un même espace et en interaction les uns les autres. De nombreux et différents travaux en physique et en informatique graphique ont montré que les modèles d'interactions particulières peuvent produire des émergences et des évolutions dynamiques complexes²⁶⁵. C'est le cas par exemple des phénomènes de turbulence, de fractures, d'agglomérats, d'empilements chaotiques, etc.

3.2. L'exemple d'un effet "métabolique" de dune

Les effets de métaboles sonores observés dans l'espace urbain mélangent et fusionnent des sons de nature mécanique et des sons de nature humaine. La forte connotation sémantique est un des critères qui permet de différencier des ambiances dites "métabolique" à des ambiances plus "brouhaha" ou l'effet uniformisant de bourdon est prégnant. Mais cette caractéristique rend difficile leur analyse et leur synthèse comme on l'a vu précédemment avec une tentative de quantification.

Dans un autre domaine, on a un cas typique d'organisation métabolique parmi les phénomènes naturels avec l'étude des comportements dynamiques des matériaux

²⁶⁴ Malgré les essais de musiques aléatoires ou chaotiques de Iannis Xenakis par exemple. Sur ce sujet, on peut voir les différentes tentatives de notation musicale de phénomènes "complexes" dans le très beau livre : Xenakis Iannis (1992). *Formalized Music - Thought and Mathematics in music*, New-York : Pendragon revised edition.

²⁶⁵ Sur le sujet voir Luciani Annie (2001). "From granular avalanches to fluid turbulences through oozing pastes. A mesoscopic physically-based particle model", Rennes : 8^{ème} séminaire du groupe de travail Animation et simulation de l'AFIG et du GDR ALP, 2-3 juillet.

granulaires. Dans cette catégorie, on trouve le très bel exemple du tas de sable comme phénomène collectif dynamique.

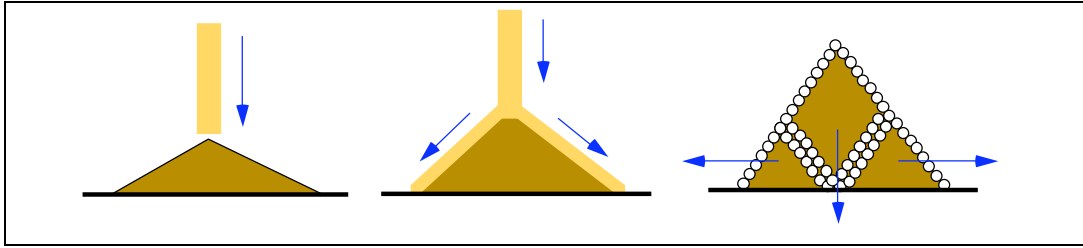
Les matériaux granulaires exhibent de façon archétypale un certain nombre de comportements dynamiques collectifs²⁶⁶ et complexes :

- Empilement (formation du tas),
- Croissance pseudo régulière par avalanche de surface,
- Formation de structures auto-similaires au tas à l'intérieur même du tas,
- Effondrements internes (liés à la formation de sous-tas), etc.

Ces dynamiques entraînent deux sortes d'effets que l'on peut nommer métaboliques :

- Les avalanches de surfaces génèrent un effet métabolique à deux niveaux. À chaque fois que nous percevons un entassement bien formé, il semble être le résultat d'un processus quasi arrêté, moment situé entre deux états du tas, comme s'il était avant et après les avalanches de surface. Pourtant il n'en est rien, le phénomène de croissance renforce la perception de la forme alors même que les avalanches en détruisent son contour ! C'est cette dynamique permanente qui rend nette la perception de cette forme.
- Les effondrements internes qui viennent briser le volume du tas, bien entassé. Cette destruction est causée par la formation de sous tas internes de forme similaire à celle du tas global, mais de taille inférieure. Le contour du tas comme les sous-tas auto-similaires sont clairement perçus, en dépit de leur durée de vie très courte et de leur nature transitoire.

²⁶⁶ "On retrouve ici l'argumentation des philosophes de l'Antiquité sur le "sorite" qui montre que le tas (le sorite) est plus que la somme des grains qui le composent." In Guyon Étienne (1995). "Modélisation et expérimentation", in *Virtualité et réalité dans les sciences*, sous la direction de Gilles Cohen-Tannoudji, Gif-sur-Yvette : Éd. Frontières & Diderot Éditeur, Arts et sciences, p. 97.



**Figure 95 : Dynamiques d'un tas de sable : croissance + avalanches
+ formations de sous-tas & effondrements. [schéma Annie Luciani]**

Les matériaux granulaires dans leurs organisations dynamiques semblent être capables de produire des sons spécifiques.

On trouve quelques écrits sur des cas de "sables sonores". Une référence bien connue est celle de "Sand-Drums" (sables tambours) dans *Dune* de F. Herbert. De tout temps, les explorateurs ont été étonnés par la production sonore spontanée durant le déplacement de grand volumes de sable. Darwin mentionne un événement similaire dans *Naturalist's Voyage in the Veagle* au Brésil et au Chili (1832). En Chine, dans la région de Ton-Fan, vers 880 après J.-C., on mentionne qu'une dune, appelé "Singing Mountain" (la montagne chantante), sonnait comme un roulement du tonnerre quand elle glissait sur elle-même. Des nomades (ibériens ?) disaient que les esprits jouaient du tambour dans le désert et les poètes préislamiques invoquaient souvent les sables musicaux.

Ces récits ne sont probablement pas complètement fantasques. Quelques observations et enregistrements essayent de prouver que des dunes et des paysages de sable produisent spontanément des effets sonores, même si ces phénomènes sont rarement connus et étudiés aujourd'hui.

Les écrits scientifiques distinguent deux types de sons de sables : les grincements et les retentissements. 31 retentissements de dunes ont été découverts. Les auteurs utilisent des mots comme *hurlements*, *tonnerre*, *tambours*, *cloches*, *cornes*, *grenouilles*, *violoncelle*, *insectes*, etc.

Quelques enregistrements sonores de sable sont disponibles sur Internet : Booming Sand (sable retentissant) de Badain-Jaran, sons de Frog-Sand (sable-grenouille),

Kotohiki et Kugunari par S. Miwa, enregistrements sonores de booming sand (sable retentissant) par B. Krause, D. Criswell, J. Metzner, M. Bretz.²⁶⁷

3.3. Modéliser un effet "métabolique" de dune

À partir de ces descriptions qui permettent une description qualitative d'un effet "métabolique" de dune, et à partir des capacités offertes par les modèles physiques de particules élémentaires, nous pouvons espérer obtenir des effets similaires grâce au modèle.

La première idée qui vient serait de modéliser de façon réaliste le sable comme un matériau composé d'un grand nombre de grains puis de mettre des interactions complexes entre eux. Cette approche amène automatiquement à avoir un modèle physique complexe et lourd dès le début. En fait, nous avons essayé de concevoir un "modèle d'effets spatiaux des dynamiques d'organisation des matériaux granulaires" par lequel nous recherchons à restituer le mieux possible les dynamiques émergentes caractéristiques des phénomènes étudiés sans se soucier que l'aspect formel soit forcément réaliste. Dans la suite de cette partie, dès que l'on emploiera le mot modèle, il s'agira d'un modèle physique de particules élémentaires.

Nous allons montrer l'intérêt de ce choix avec un petit nombre de particules (moins de 300) reliées entre elles par des interactions simples (des butées viscoélastiques), et avec une simple interaction de nature non linéaire avec le sol (frottement sec).

²⁶⁷ Cette partie quelque peu *ethnologique* sur les sables sonores provient partiellement du travail de Yannick Dauby (compositeur et preneur de son) lors d'un stage de musicologie à l'Acroe dirigé par Annie Luciani. On peut aussi se reporter à un site Internet très complet sur le sujet. Il collecte énormément d'informations sur les sables sonores dont de nombreux fragments sonores à écouter : <http://www.chariho.k12.ri.us/curriculum/MISmart/ocean/sandintr.html>

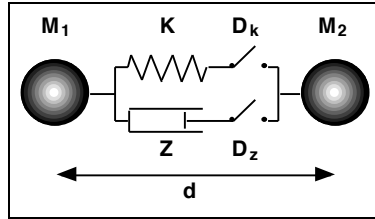


Figure 96 : Interaction de type butée viscoélastique

Le tout est simulé à 1 kHz puis visualisé à 50 Hz (fréquence d'affichage)²⁶⁸. Nous obtenons les cinq figures pertinentes d'un "effet dynamique spatial de dune" : empilement (formation du tas par croissance plus ou moins régulière), contraintes internes hétérogènes, avalanches de surface, effondrements internes, formation de sous-tas auto-similaires.

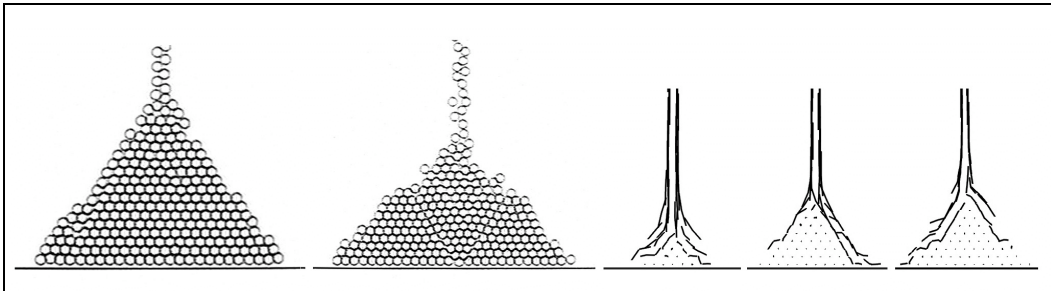


Figure 97 : Les principales caractéristiques d'un "effet dynamique spatial de dune" : empilement, formation de sous-tas, contraintes internes hétérogènes, avalanches de surface.

Après cela, l'étape suivante a consisté à essayer d'obtenir directement une correspondance sonore de l'effet par un procédé de *sonification*²⁶⁹ du même modèle.

- En choisissant des paramètres physiques pour les grains de sables afin qu'ils puissent produire des vibrations acoustiques.
- Simulation numérique du modèle physique par des larges bandes de fréquences acoustiques.

²⁶⁸ Pour avoir un aperçu dynamique de ces expérimentations, on peut consulter différents extraits au format Quick Time dans la partie vidéothèque du site de l'Acroe : <http://www-acroe.imag.fr>

²⁶⁹ *Sonification* est un néologisme, on pourrait dire représentation sonore, comme on dit représentation visuelle. Mais il définit assez bien l'opération qui est faite. En effet, il s'agit à la fois d'une mise en son (il faut faire sonner le modèle) et d'une prise de son (il faut écouter le modèle).

- Écouter les déformations à différents emplacements au niveau du tas par le moyen de haut-parleurs virtuels.

Bien que ce modèle et le processus de modélisation soient assez complexes, les résultats audibles se sont révélés assez peu convaincants et trop simplistes d'un point de vue acoustique et musical. Nous sommes alors passés à une autre étape de modélisation, d'un principe différent. Le dessein général est toujours de créer les conditions d'émergence des catégories dynamiques pertinentes "des effets sonores de dune" listés précédemment : percussions imprévisibles, grincements et des effets retentissants.

3.4. Modélisation d'une structure musicale pour l'émergence d'effets sonores apparentés aux dynamiques spatiales des dunes en mouvement

Les résultats de la simulation visuelle permettent une meilleure observation qu'avec le sable réel. Nous avons utilisé ces résultats pour effectuer un autre pas dans l'analyse des tas de sable et produire ainsi un autre modèle physique de particules élémentaires. **Ce modèle vise par une structure musicale instrumentale à l'émergence d'effets sonores apparentés aux dynamiques spatiales des dunes en mouvement**²⁷⁰.

3.4.1. Premier niveau du modèle sonore : la structure

Si on effectue une coupe visuelle sur les effets, on peut décomposer le tas de sable (durant le temps de son écoulement) en couches différenciant les parties de la structure physique.

²⁷⁰ Toutes ces expressions ne sont pas toujours heureuses. Mais il est difficile de décrire par un titre des phénomènes peu étudiés et quasiment jamais nommés. On reviendra sur cette question dans la conclusion générale où est posé le problème du double pléonasme présent dans le titre même de cette thèse.

Dans la couche basse (niveau inférieur), toutes les particules sont serrées et compressées par les couches hautes (niveau supérieur), et alors elles sont toujours reliées par des interactions viscoélastiques, solidaires comme des éléments dans une plaque en deux dimensions ou dans un bloc élastique de matière en trois dimensions. Ces couches se comportent comme une structure vibrante quasi-homogène.

Les couches intermédiaires, qui compressent la couche basse, sont par contre moins compressées que ces premières. Pourtant les particules sont toujours en interaction entre elles par de multiples micro-percussions. Ces couches jouent le rôle d'un micro-excitateur complexe pour les couches du dessous.

Les couches hautes (niveau supérieur) sont composées des particules qui tombent sur le tas en provoquant des macro-percussions sur les couches intermédiaires. Dans les "effets des dynamiques spatiales des dunes", ces couches sont continuellement partagées entre le bas et le haut du tas. Par une simplification, approximative mais fonctionnelle, on peut réaliser une décomposition du tas avec les trois couches suivantes (cf. figure ci-après partie (a)) :

- Couche 1 : une structure vibrante viscoélastique compressée.
- Couche 2 : c'est un ensemble de particules en collision qui compressent la couche 1. Comme elle est composée de multiples particules rigides contraintes dans un espace restreint, cette couche est aussi une structure vibrante (on peut en avoir une idée avec un objet de type maracas).
- Couche 3 : Les particules de la partie haute chutent et entrent en collision avec la couche 2. Ils mettent cette couche en mouvements, entraînant un ensemble chaotique de micro-percussions dans cet espace restreint.

On peut modéliser cette structure sonore par un modèle physique de particules élémentaires²⁷¹ comme le montre le schéma ci-après en partie (b) :

²⁷¹ Pour un aperçu des travaux de synthèses de sons par modèle physique avec création de structure vibrante, on peut se reporter à la thèse d'Incerti Eric (1996). *Synthèse de sons par modélisation physique de structures vibrantes : application pour la création musicale par ordinateur*, Grenoble : Thèse de l'INPG, Acroe.

- La couche 1 est appelée plaque de sable (Sand-Plate). Elle peut être modélisée comme une chaîne ou une plaque par un ensemble de masses ponctuelles reliées entre elles par des interactions viscoélastiques, compressées dans leur position et leur vitesse initiales.
- La couche 2 est appelée multi-excitateur (Multiple-Exciter). Elle peut être composée de plusieurs particules confinées entre la couche 1 et une sorte de butée (Confinement Buffer). Elles sont en collision entre elles-mêmes et avec la précédente structure vibrante.
- La couche 3 est appelée macro-excitateur (Macro-Exciter) ou percuteur. Elle peut être composée d'un petit nombre de particules qui tombent librement de temps en temps, et qui rentrent en collision avec les particules de la couche 2.

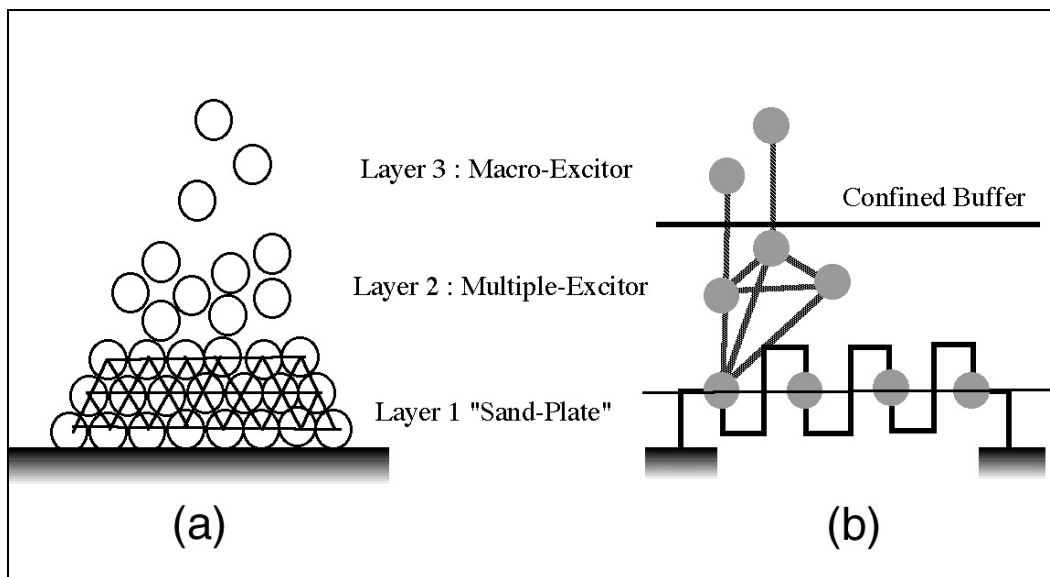


Figure 98 : Structure instrumentale d'un tas de sable : (a) Simplification en couches de l'organisation spatiale dynamique, (b) modèle particulaire sonore

3.4.2. Second niveau du modèle sonore : l'évolution macroscopique

À partir de la précédente structure instrumentale, qui est élémentaire mais fonctionnelle, nous avons *simulé* des transformations dynamiques de nature

macroscopique comme des croissances, des modifications de contour et des collisions internes. Nous pouvons modéliser les deux premières en collant arbitrairement un ensemble de multi-exciteurs sur la plaque de sable, de temps en temps, quand quelques macro-exciteurs rencontrent les micro-exciteurs (par exemple, si leurs rebonds sont en deçà de la distance de la butée des multi-exciteurs). Le collage de ces nouvelles particules au contour de la plaque de sable vibrante modifie simultanément ses propres conditions au contour et sa croissance. Les collisions internes sont modélisées par une rupture de la structure vibrante d'un endroit à un autre durant l'évolution dynamique.

3.5. Résultats et conclusions

Le modèle proposé ici est un modèle paradigmatique des interactions particulières en physique selon deux niveaux :

- Le premier concerne "l'effet de dynamique spatiale d'une dune". Le modèle permet d'esquisser à une échelle macroscopique des **phénomènes spatiaux** de nature non linéaire, bien mieux que l'échelle au niveau du grain de la matière ne pouvait le faire. Ayant moins d'éléments et moins de connexions, il est bien plus performant en calcul et peut fonctionner en temps réel.
- Le second niveau dérive du premier. Il est esquissé par l'obtention d'**organisations sonores** macroscopiques pertinentes. Nous avons obtenu quelques effets acoustiques relevant de la *musique des sables* (Sonagrammes ci-dessous) : rares re-excitations causées par des percussions sonores, énormes réverbérations, effets de grincements et de couinements avec des imprévisibles re-excitations et disparitions, etc.

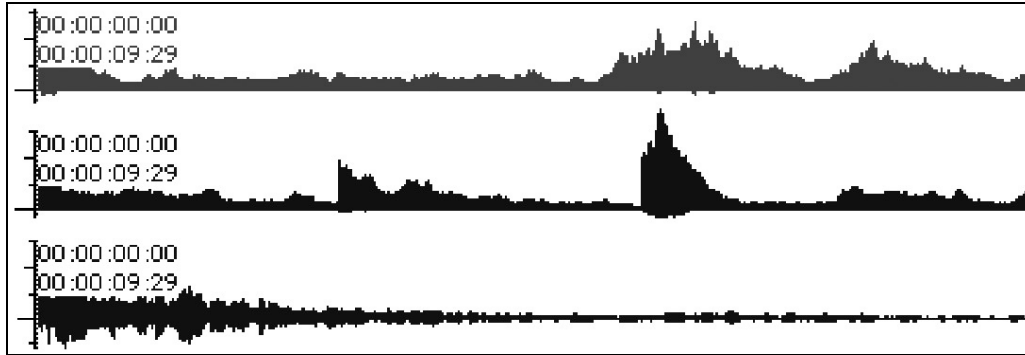


Figure 99 : Quelques sons produits avec cette structure particulière multicouches

De nombreux sons ont été produits, on en trouve une sélection assez courte de 6 fragments. Mais ils sont représentatifs des éléments donnés en conclusion. Sur le CD audio joint avec ce document, il s'agit des pistes 5 à 10.

Le principal résultat de ce travail est la construction de la méthodologie. Elle est basée sur deux phases complètement liées. La première de ces phases démontre que modéliser des effets spatiaux singuliers et qu'en extraire dans une seconde phase une structure pertinente pour modéliser des effets sonores singuliers, peuvent s'accorder pour préciser et lister les effets perçus.

Les premiers résultats, donnés ici, sont encourageants pour continuer à utiliser cette méthodologie afin de modéliser d'autres phénomènes émergents. Le répertoire des effets sonores en est plein.

Chapitre IV

Éléments de conclusion

Trois éléments de conclusion pour une hybridation de l'analyse et de la conception de l'espace par la dynamique

"Puis, au moment de partir, j'ajoutai :

- Tu es un bon architecte.
- Merci, dit-il.
- Cette serre que tu as faite pour le pub Frog and Firkin, c'était génial.
- Merci, répéta-t-il.
- Et quand tu as remodelé ce loft à Putnam, c'était géant.
- Je sais.
- Mais tu es incapable de construire une relation."

Isabel Wolff, *Les tribulations de Tiffany Trott*, Éd. Jean-Claude Lattès - Pocket, 1999, traduit de l'anglais par Denyse Beaulieu, pp. 42-43 [1^{ère} édition 1998 - HarperCollins Publishers].

Trois éléments de conclusion pour une hybridation de l'analyse et de la conception de l'espace par la dynamique

En 1925, Le Corbusier écrivait, en introduction à *Urbanisme*, que "la géométrie est le moyen que nous nous sommes donnés pour percevoir autour de nous et pour nous exprimer. La géométrie est la base."²⁷² On serait bien tenté aujourd'hui de dire l'opposé, et d'écrire que c'est la dynamique qui est la base de l'espace dans lequel on vit.

Notre recherche est exploratoire et sa problématique est de nature principalement méthodologique. On ne reprendra pas ici toutes les conclusions qui clôturent chacun des trois chapitres et certaines parties à l'intérieur de ceux-ci.

On s'attachera plutôt aux **perspectives** de recherches, aux **applications** que celles-ci rendent possibles et aux **implications** qu'elles entraînent.

Cette conclusion s'articule en trois étapes. La première de ces étapes, concerne les perspectives que l'on peut dégager de cette recherche à partir des éléments critiques que soulèvent l'investigation des deux études de cas - les conduites de cheminement et les ambiances sonores - par la boucle méthodologique. La deuxième étape revient

²⁷² Le Corbusier (1994). *Urbanisme*, Paris : Éd. Champs Flammarion, [1^{ère} édition G. Grès et Cie 1925], p. I.

sur les deux méthodes utilisées - le récit et le modèle physique - en abordant les applications possibles de ces outils pour l'action sur l'espace. Enfin la troisième étape se dégage des études de cas et des méthodes sollicitées pour aborder la nécessaire implication, éthique autant qu'esthétique, de ce type de démarche pour l'analyse et la conception de l'espace sensible, construit et agi.

Au cours de chacune de ces trois étapes, nous reviendrons sur le rapport entre l'analyse et la conception et sur le rôle que joue la dynamique dans ce rapport.

1. Les études de cas et la boucle méthodologique - Conclusions et perspectives d'une double investigation

On est loin d'avoir fait suffisamment de tours de notre boucle méthodologique pour l'éprouver dans toutes ses finalités. L'ambition initiale était de faire deux tours pour chaque étude de cas, afin de revenir par deux fois sur le processus de déduction - induction entre l'observation *in situ* et la modélisation numérique. Les retours amorcés sur l'*in situ* ne sont pas vraiment consignés dans ce document. De plus, comme on l'a développé dans la partie présentant la méthodologie générale, les étapes nécessitant une phase de conception et de mise au point ont été nombreuses et parfois riches dans les évolutions qu'elles ont entraînées.

Les partis pris méthodologiques amènent, si ce n'est au début de l'étude, au moins à la fin de celle-ci, à se poser les interrogations suivantes :

Est-il raisonnable de vouloir analyser à partir de la description par l'expression l'expérience sensible de l'espace comme les ambiances sonores ? Et, qui plus est, à partir principalement de récits ?

Est-il raisonnable de vouloir modéliser certaines dynamiques de comportements humains comme les conduites de cheminement ? Et, qui plus est, par un modèle uniquement basé sur des règles physiques ?

À la vue de l'analyse développée des deux cas étudiés, les réponses à ces questions semblent bien être oui. En effet, le récit semble être un bon outil pour restituer

l'expérience vécue des ambiances et le système de modélisation physique semble être un bon outil pour générer une diversité de phénomènes dynamiques assez pertinente en regard aux observations *in situ*. De plus le récit comme le modèle physique offrent chacun dans leur domaine une certaine stabilité dans les résultats. Cette stabilité a été obtenue principalement par l'application du principe de récurrence pour le premier et par l'application d'un protocole d'expérimentation pour le second. Lorsqu'ils sont agencés dans une même boucle méthodologique, ces outils présentent une complémentarité qui les constitue en partie.

Comment s'effectue cette complémentarité ?

L'application de la boucle méthodologique nous a montré que l'on - l'analyste autant que les enquêtés - ne travaille pas forcément par des comparaisons directes entre une séquence et une autre, qu'elles soient issues de l'*in situ* et ou d'une simulation numérique. Mais que l'on **travaille plutôt de façon indirecte par des comparaisons d'écart**s. Expliquons-nous en prenant le cas des séquences sur les conduites de cheminement. Si nous avons une séquence A et une séquence B, nous obtenons une comparaison qui dit un écart E1. Puis nous avons une séquence C et une séquence D, pour lesquelles on obtient un écart E2, et ainsi de suite. Ce que l'observation initiale puis la récurrence permettent de comparer, c'est principalement les différences et les ressemblances entre les écarts E1 et E2 (*l'écart des écarts*). Il en va de même entre les comparaisons des séquences issues de l'*in situ* et les comparaisons des séquences issues de simulations numériques. Il n'est pas explicitement défini une similitude des unes aux autres, mais il est, plutôt pointé des ressemblances et des différences dans les écarts que disent les sommes des observations et des récits de chacune des catégories. N'est-ce pas plutôt une typologie des écarts plus qu'une typologie des ressemblances que nous finissons par établir ? La simulation n'a pas comme toute première mission à ressembler à des phénomènes, mais elle a d'abord comme objectif de générer des phénomènes. Aussi pertinente qu'elle puisse être, la simulation définit automatiquement des écarts, tout comme les récits, entre eux, définissent aussi des écarts. Ce qui est pointé à chaque fois, ce n'est pas le phénomène dans "sa composition phénoménologique", mais plutôt la dynamique sous-jacente au phénomène dans ce qu'elle aurait de *prototypique* et donc de transversal aux

situations comparées (entre séquences issues d'un même corpus, issues de corpus *in situ* et numérique, issues de corpus mélangeant des modalités sensorielles). **Les rapports entre les écarts sont plutôt de nature homomorphique.** Les phénomènes *prototypiques* (tel qu'un effet de métabole, une conduite de cheminement remarquable, etc.) sont alors le lieu de l'autoréférence atteint à force de récurrence. Cette attitude nécessite bien un objectif, une raison à la récurrence. Les futurs tours sur la boucle méthodologique doivent s'y appliquer, sans doute mieux que les premiers, au risque sinon, de ne plus pouvoir converger vers un lieu d'autoréférence qui ne serait pas assez bien pointé, ou même, plus pointé du tout. Le résultat d'une étude n'est pas indépendant d'un objectif initial et de la méthode choisie pour l'atteindre. **De plus, c'est l'autoréférence visée qui doit permettre de penser une co-naturalité entre la méthode et l'objet, et sans doute aussi entre l'analyse et le projet.** C'est déjà ce qui s'esquisse avec les méthodes utilisées pour les deux études de cas.

Dans notre démarche, le déroulement de la boucle méthodologique rend chaque étape nécessaire et constitutive des suivantes. L'autonomie interne des étapes peut se faire au risque de perdre, là aussi, l'objectif de l'étude. On a montré, par l'exemple de l'étude des conduites de cheminement, comment les différentes actions qui consistaient à *écrire, figurer ou dire l'espace* étaient intimement liées dans une visée d'amélioration du modèle.

Parmi ces étapes, certaines relèvent plus de l'analyse (*dire l'espace*), d'autres relèvent plus de la conception (*écrire l'espace*), et d'autres encore se situent entre les deux (*figurer l'espace*). On a vu que ces étapes sont intimement liées dans le déroulement méthodologique global. De la même façon, les étapes de conception se sont avérées absolument nécessaires aux étapes d'analyse et vice-versa. Chacune de ces étapes s'articule avec les autres et finit par être définie avec cette imbrication. **On n'est plus dans un processus qui se définit par une temporalité linéaire en mettant la conception comme une étape après l'analyse. On est dans un processus qui se définit par une temporalité récursive, visant un objectif, pour**

lequel les étapes d'analyse et de conception s'hybrident²⁷³ au point de ne plus pouvoir être différenciées par cette terminologie.

Il reste encore à bien pointer ces passages, ou plutôt à bien nommer ces hybridations entre analyse et conception²⁷⁴, afin de pouvoir maîtriser leurs rôles dans le processus général de la boucle méthodologique et dans les méthodes qui s'y trouvent convoquées.

Cette récursivité méthodologique entre approche *in situ* et approche numérique s'inscrit dans une triple perspective de retombées :

- Les retombées **théoriques** permettent, à court terme, d'esquisser un outil d'analyse et de synthèse rendant compte de l'interdisciplinarité de la notion d'ambiance en offrant des critères de classification et de représentation questionnant l'intersensorialité et les interactions avec l'environnement bâti. À long terme, l'élargissement à toutes les modalités sensorielles, voire à une intersensorialité découlant de processus d'apparition récurrents basés sur le geste et le mouvement, doit permettre de dégager des invariants *a*-modaux dans les phénomènes sensibles.
- Ces retombées sont d'ores et déjà **méthodologiques**, par l'apport d'un système de description et de modélisation qui articule données quantitatives et données qualitatives pour, entre autres, constituer une économie et accroître l'efficacité métrologique *in situ*. Cette approche offre aussi un retour possible sur les techniques d'observation et de description des phénomènes sensibles par un effet de rétroaction entre étude *in situ* et synthèse numérique. Si l'on prend le cas des ambiances sonores, la localisation et la caractérisation des phénomènes sonores

²⁷³ Pascal Amphoux propose le terme d'hybridation pour définir des trajets inverses et croisés entre les acteurs du projet, et entre la théorie et la pratique du projet, en s'appuyant sur l'idée que toute hybridation est contextuelle, in Amphoux Pascal (2000). "De théories en pratiques. Trois principes d'hybridation pour la ville", in *L'usage du projet*, sous la direction d'Ola Söderström, et alii, Lausanne : Éd. Payot, pp. 39-50.

²⁷⁴ Le principe de récurrence, pour Pascal Amphoux, définit bien un mode d'hybridation possible entre théorie et pratique. Ibid. p. 41.

remarquables permettent une économie métrologique, en répondant aux questions classiques de l'évaluation acoustique des zones urbaines étendues : que mesurer, où, quand et par quels types de mesures et d'analyse. Cette approche complémentaire aux techniques classiques permet d'agrandir le champ de l'observable en métrologie acoustique grâce à une prise en compte interdisciplinaire des phénomènes sonores (caractérisation du bâti, des activités, perception citadine, mesures, temporalité...) De plus, les mesures et les enregistrements ne saisissent que certaines dimensions de l'environnement sonore perçu. À partir du parcours, l'écoute et la parole citadine permettent d'introduire les paramètres fondamentaux de la qualification des ambiances, c'est-à-dire **les dynamiques temporelles et les interactions du citadin avec son milieu.**

- Enfin, de manière **pratique**, des retombées sont envisagées par l'usage d'un outil de re-construction d'effets sensibles dans l'espace bâti. Ces effets, supposés similaires, seraient une amorce pour une aide à la conception architecturale par la proposition d'une typologie et d'une formalisation de situations urbaines remarquables qui tiennent compte à la fois des dimensions sensibles, construites et agies de l'espace. Dans cette optique, il est important de rappeler que l'on ne peut pas garantir l'émergence d'un effet, on peut juste garantir l'émergence d'un processus définissant un phénomène sensible et ce n'est qu'a posteriori que l'on peut reconstruire les règles qui ont conduit à l'effet, à l'événement. L'effet n'est pas dans les éléments initiaux au modèle, il advient de leur agencement dans un processus.

Ces trois précédents points constituaient en fait les objectifs initiaux de cette recherche. Ils s'appuient sur l'idée que la méthodologie développée permettrait d'avoir des outils qui soient pertinents à la fois pour l'analyse, pour la prédiction et pour la conception de l'espace sensible, construit et agi.

Si on prend l'exemple des conduites de cheminement, on peut espérer que ce type de démarche par le récit et le modèle physique permette à long terme :

- **d'être un outil d'aide à l'analyse et à la connaissance.** Ceci afin de mieux comprendre comment s'effectuent les conduites, quels sont les éléments qui participent à celles-ci, comment s'ordonne ou non un espace public de mobilité, etc.
- **d'être un outil d'aide à la prédiction.** Il peut s'avérer utile d'arriver à calculer un temps d'évacuation par exemple, ou tout simplement d'avoir une idée des comportements potentiellement possibles dans un espace donné avant qu'il ne soit construit.
- **d'être un outil d'aide à la conception.** Il semble intéressant de pouvoir directement imaginer puis dimensionner précisément un espace, en suivant des logiques de mobilité.

Mais, ces perspectives scientifiques et techniques, que l'on retrouve dans de nombreux travaux de modélisation de l'espace dynamique, ont, petit à petit, laissé la place à des applications et à des implications de natures quelque peu différentes. C'est ce qui sera développé dans les deux derniers points de cette conclusion.

2. Le récit et le modèle physique - des outils pour l'action

2.1. L'expérience du récit

Les récits, tels que nous les avons obtenus des usagers, se sont fait par l'expression orale. Des parcours d'écoute qualifiée à l'observation récurrente, les récits décrivant des séquences issues de l'*in situ* ou issues de la simulation numérique, ont permis de qualifier l'espace dans ses dimensions sensibles, construites et agis.

Le récit peut se faire au fil de l'action. Il est particulièrement bien adapté à la description de cheminement autant qu'à la description en cheminement. Mais cette modalité de description ne va pas forcément de soi quand il s'agit de décrire son

environnement quotidien. En effet, "ce n'est pas une activité ordinaire de dire : "tiens, ce soir, je vais observer ce coin du plafond"" nous dit Harvey Sacks²⁷⁵. De ce fait, pour les personnes qui vont être conduites à faire cette description, il s'agit d'une véritable expérience. Observer ce qui nous entoure, alors même qu'habituellement on n'y fait pas attention, trouver comment le décrire, parfois comme le nommer, et qui plus est, l'exprimer à voix haute, n'a vraiment rien d'ordinaire. Et, si en plus, on est équipé d'un matériel technique pour l'écoute, ou placé face à des vidéogrammes qui insistent sur un dispositif d'un premier abord très ordinaire, on peut considérer qu'il s'agit d'une expérience totalement nouvelle pour beaucoup.

Notre pratique de ces méthodes permet d'avancer quelques remarques quant à des répercussions qu'elles peuvent avoir. Nous venons de dire que c'est une expérience nouvelle, mais c'est aussi une expérience qui marque les individus qui la font. Les discussions qui ont lieu juste après le temps de récit, ou bien plus tard lorsque la personne en rediscute avec nous, permettent de dire qu'on ne ressort pas tout à fait inchangé de cette expérience apparemment anodine. À la différence des enquêtes "classiques" de type questionnaire où c'est le participant qui donne les informations qui seront traitées, dans les méthodes activant le récit, la mise en situation - par l'*in situ* ou par un procédé de réactivation - propose aussi de re-découvrir son environnement. Il s'agit bien alors d'**un échange** entre l'enquêteur et l'enquêté. À ce titre, c'est une réelle expérience *écologique* et *citoyenne* qui transforme les perceptions et les discours sur l'environnement de chaque participant. On ne peut plus, par exemple, après avoir fait un parcours d'écoute qualifiée, maintenir uniquement un discours sur la nuisance pour parler d'environnement sonore. Sa propre réflexion sur son espace est amorcée, l'expérience de l'observation et du récit font références, ses représentations sont modifiées. **De la même façon que l'utilisateur marque son expérience par un récit²⁷⁶, l'expérience marque l'utilisateur dans son**

²⁷⁵ Sacks Harvey (1992). "Lecture 1. Doing "being ordinary"", in *Lectures on conversation*, Oxford : Éd. by Gail Jefferson, Blackwell Publishers, vol. II. Harvey Sacks est un des premiers initiateurs de l'analyse conversationnelle.

²⁷⁶ Walter Benjamin le disait ainsi : "Lorsque l'information se substitue à l'ancienne relation, lorsque elle-même cède la place à la sensation, ce double processus reflète une dégradation croissante de l'expérience. Toutes ces formes, chacune à leur manière, se détachent du récit, qui est une des formes les plus anciennes de communication. À la différence de l'information, le récit ne se soucie pas de

vécu et dans ses représentations. On fait l'expérience du récit autant que le récit de l'expérience.

Il est alors à souhaiter que, de la même façon que l'utilisateur se retrouve "transformé", un concepteur, un architecte, un décideur, s'il prend le temps de faire cette expérience, et mieux encore aussi de la faire *faire* afin d'affiner et de diversifier les résultats, il ne pourra plus projeter sur cet espace comme avant.

Que ce soit pour l'utilisateur ou pour l'architecte, la prégnance de l'*in situ*, lors de l'expérience sensible et de son récit, font qu'**on ne peut plus analyser et concevoir l'espace de la même façon.** L'hybridation est amorcée.

Si les ambiances qui s'éprouvent par des expériences sensibles se récitent²⁷⁷, cela ne veut pas dire que penser les ambiances, c'est penser la fiction. Les ambiances ne sont pas assimilables à une fiction linéaire et figée une fois pour toutes. Ou alors, si les ambiances sont une fiction, ce serait une fiction interactive, multisensorielle et qui pourrait intégrer à tous moments ses propres capacités de modification et de génération. Concevoir les ambiances, c'est plutôt intervenir en amont à la fiction. C'est concevoir en partie les éléments de cette fiction et leur modalité d'interaction. L'architecture, selon nous, n'est pas assimilable à une écriture de scénario²⁷⁸. Il n'y a pas une seule et même histoire à concevoir. Mais, il n'y en a pas non plus de multiples à penser. Par contre, il y a à penser des potentiels à histoires, grâce auxquels le déroulement et l'agencement de scénarii multiples et toujours réinventés

transmettre le pur en soi de l'événement, il l'incorpore dans la vie même de celui qui raconte pour le communiquer comme sa propre expérience à celui qui l'écoute. Ainsi le narrateur y laisse sa trace, comme la main du potier sur le vase d'argile." in Benjamin Walter (1983). *Essais 2*, Paris : Éd. Denoël, Gonthier.

²⁷⁷ Dans cette logique, référencer des ambiances consisterait d'abord à référencer des récits. Ce serait alors puiser en chacun ce qui peut être commun dans nos expériences sensibles, dans nos rapports aux mondes. Éprouver et faire éprouver, que cela soit *in situ* ou par réactivation, pour référencer. Exemplifier, nommer pour que l'appel à l'expérience sensible de chacun soit rendu possible.

²⁷⁸ Contrairement à ce que dit Antoine Picon : "L'architecture aura de plus en plus de liens avec l'écriture de scénario" à partir principalement du constat de l'évolution des nouvelles pratiques numériques de conception architecturale. In Picon Antoine (1999). "L'architecture virtuelle. Textures, paysages et cyborgs", in *Parachute*, n° 96, pp. 16-20.

pourront exister. "Le lieu n'est plus "le génie du lieu" mais bien un diagramme de possible"²⁷⁹.

Dans cette optique, on n'écrit pas d'histoire (c'est-à-dire, pour nous, de processus). On en décrit - par le récit -, ou on en conçoit les éléments qui la généreront - par le modèle -. Le projet n'est pas uniquement le temps de la conception de l'espace, il est tout autant l'espace de la conception du temps.

2.2. L'expérimentation du modèle

Le modèle, et tout particulièrement pour nous le système de modélisation de l'Acroe, est générateur de dynamiques qui nous adviennent sous la forme de phénomènes sensibles. Cette capacité qu'a le modèle physique de créer des champs pour notre expérience est immense. En effet, rappelons-le, le modèle physique est plurisensoriel²⁸⁰, dynamique et relationnel dans ses principes (i.e. expérience, processus et relation). Pour Annie Luciani, le modèle est un lieu premier de création, un lieu de questionnement. Il est porteur de multiples virtualités qui ne demandent qu'à s'actualiser dans des dynamiques sensibles. **Au-delà d'être un outil d'aide à la connaissance des phénomènes sensibles et un outil de prédiction des dynamiques, il propose une autre façon, radicalement différente de celle définie par les outils habituels, pour penser et concevoir l'espace.**

- Tout modèle physique peut se concevoir indépendamment de la modalité sensorielle par laquelle il va s'actualiser. C'est le même modèle qui peut générer séparément ou ensemble du son, de l'image animée ou une activité "motrice".

²⁷⁹ Buci-Glucksman Christine (2001). *L'esthétique du temps au Japon - Du zen au virtuel*, Paris : Éd. Galilée, p. 33.

²⁸⁰ Plus exactement il est a-sensoriel au niveau du modèle, et plurisensoriel dans ses espaces de représentation.

- Tout modèle physique est par nature dynamique. Quand il ne l'est pas, c'est que le système est dit au repos, en attendant qu'il se remette ou qu'on le remette en activation.
- Tout modèle physique est par nature relationnel. Par la définition de modules, on définit autant des éléments que des relations entre ces éléments. Ce sont les relations qui sont porteuses des actions.
- Tout modèle physique peut être interactif²⁸¹ par des dispositifs à retour d'effort qui permettent à un élément extérieur - technique ou humain - d'être lui aussi, en quelque sorte, un élément du modèle²⁸².

L'inventaire précédent précise une nouvelle fois les côtés innovants d'un tel modèle. Mais c'est l'application de ses principes à la conception de l'espace sensible, construit et agi qui permet de se rendre compte du retournement que cette logique implique. Reprenons une situation très simple. Par exemple, dans la modélisation du couloir et du sas de notre première étude de cas, nous avons été amené à définir des murs. Pour définir un mur, on peut imaginer non pas une description (qui nous dirait qu'il est à tel endroit, qu'il est en béton, haut de trois mètres, etc.) mais un récit, ou des récits, qui nous diraient par exemple qu'on ne peut pas le traverser, que l'on peut s'y appuyer pour se reposer, qu'il peut servir de guide pour le cheminement, etc. Dans le récit, le mur est défini non pas comme une entité isolée, mais bien comme un ensemble de situations relationnelles mettant en jeu un élément qu'on nomme mur, un autre qu'on nomme individu et une liaison qui définit des actions possibles ou des impossibilités d'actions. Les éléments sont, dès le début de la conception, définis en liaison avec d'autres. Ces liaisons sont par nature dynamiques et a-sensorielles. Dans le cas du mur que nous avons choisi, nous pouvons très bien imaginer que la fonction de guide

²⁸¹ À condition de pouvoir être simulé en temps réel. Cette condition dépend de la puissance des machines, de la complexité du modèle et de la fréquence de calcul nécessaire aux phénomènes.

²⁸² C'est un point qui n'a pas été développé dans ce travail. Mais il permet d'imaginer que le modèle physique n'est pas juste un modèle numérique pour la conception ou l'analyse, mais aussi un modèle qui pourrait faire partie de nos objets quotidiens avec lequel nous pourrions interagir en temps réel par le moyen de transducteurs. On peut alors imaginer des murs et des sols à retour d'effort, des dispositifs sonores et visuels en installation artistique ou/et utilitaire. L'expérimentation du modèle par le chercheur ou l'artiste peut devenir le lieu de l'expérience pour chacun.

pour le cheminement ne s'incarne pas par un dispositif matériel vertical, mais pourquoi pas par un dispositif sonore, ou une simple variation du sol, ou encore un système lumineux. Que la fonction de non-pénétrabilité soit respectée par la mise en place d'un élément de nature sémantique indiquant que le passage est interdit, etc. L'écriture de la liaison ne prédétermine jamais de la matérialité des éléments de l'espace bâti, elle permet juste de les questionner en fonction des relations qu'ils devront ou non entretenir avec d'autres éléments, dont les usagers. Les objets architecturaux sont donc définis en amont à leur matérialité dans un réseau avec des relations. Puis après, ils s'actualisent dans une dynamique sensible par la simulation du modèle.

La nature même du modèle fait qu'il est porteur de multiples virtualités qui ne demandent qu'à s'actualiser²⁸³ dans des dynamiques sensibles. Celles-ci, à leur tour, pourront être récitées. Il ne faut pas voir dans le caractère générateur du modèle que l'on ne maîtrise aucunement ce qui est produit, mais il ne faut pas y voir non plus à l'inverse que l'on en a toujours une parfaite maîtrise. Tout dépend du modèle, de sa construction, de la complexité de ses éléments et de la qualité des expérimentations qui cumulent les expériences pour affiner les paramètres. Pour l'application du modèle à l'espace, un piège consisterait à tomber dans l'une ou l'autre de ces attitudes. La première serait d'utiliser un modèle numérique pour uniquement profiter de son caractère générateur. On l'exécuterait jusqu'à ce qu'un résultat donne satisfaction, sans rechercher une quelconque maîtrise entre les éléments du modèle et les phénomènes. L'autre attitude consisterait à utiliser le modèle comme un outil que l'on affinerait de plus en plus pour arriver à l'unique dynamique visée. On peut souhaiter un entre deux. Prenons le champ de l'espace public. Il n'est pas - en général ! - soit un espace d'un total chaos, toujours imprévisible, soit un espace d'une parfaite organisation, toujours maîtrisée. Il est souvent entre ces deux extrêmes. Le

²⁸³ "La virtualité renvoie à une puissance qui ne demande qu'à s'actualiser. Mais pas sur le mode de la chose en réduction ou de la maquette qui grandirait. C'est plutôt l'idée de potentiel ou de germe." Picon Antoine (2001), dans un entretien sur <http://www.archicool.com>.

"L'actuel est le complément ou le produit, l'objet de l'actualisation, mais celui-ci n'a pas pour sujet que le virtuel. L'actualisation appartient au virtuel. L'actualisation du virtuel est la singularité, tandis que l'actuel lui-même est l'individualité constituée." in Deleuze Gilles, Parnet Claire (1996). *Dialogues*, Op. Cit., pp. 180-181.

cas des dynamiques de cheminement sont révélatrices de cet entre-deux. Il n'est pas question de définir un espace où tout le monde devrait marcher de la même manière et au même endroit, mais il n'est pas plus autant question de définir un espace sans la moindre intention d'usage et d'appropriation possible. Pascal Amphoux utilise les termes *ménager* et *manager*²⁸⁴ pour cela. Le concepteur doit tout à la fois *manager* l'espace et *ménager* des usages. Il en va de même pour un modèle, on peut souhaiter que les dynamiques simulées soient un tant soit peu maîtrisées tout en restant multiples, variées et parfois surprenantes.

2.3. Complémentarité du récit et du modèle physique

Le récit et le modèle sont bien des actions sur le monde. Pour la conception, comme pour l'analyse de l'espace, le modèle a besoin du récit tout autant que le récit a besoin du modèle. Le récit comme le modèle sont des leviers pour la conception. Selon la démarche mise en place dans ce travail, tous deux sont des outils qui doivent permettre l'hybridation de l'analyse et de la conception par un ancrage à *in situ* et à l'expérimentation.

La dynamique (i.e. relation, processus, expérience) est présente dans les méthodes utilisées tout autant que dans les objets visés. Pour la conception de l'espace sensible, construit et agi, **le projet se définit par un processus et non par un résultat final.** Ce processus méthodologique doit permettre de ne pas opposer ce qui habituellement se trouve séparé ; mais bien au contraire il doit permettre leur hybridation : hybridation entre analyse et conception, entre actuel et virtuel, entre récit et modèle, entre expérience et expérimentation, entre objet et relation.

²⁸⁴ Amphoux Pascal (2000). "De théories en pratiques. Trois principes d'hybridation pour la ville", Op. Cit., p. 40.

3. Intentions relationnelles : vers une esth-éthique des ambiances

Les ambiances architecturales et urbaines définissent notre champ d'étude théorique et pragmatique. Elles permettent l'agencement des notions de relation, de processus et d'expérience pour aborder l'espace sensible, construit et agi. Façon de nommer l'espace-temps vécu, les ambiances s'éprouvent par des expériences sensibles. En tant que manière d'être au monde, elles relèvent d'une éthique. "Dans son sens étymologique, l'éthique est un *ethos*, une manière d'être. Séjour de l'homme, "lieu d'habitation", elle est un mode d'existence"²⁸⁵. Mais les ambiances sont plus qu'une manière d'être au monde, elles disent le sensible, le construit et l'agi. Pour Aristote, l'éthique est "la science des actions"²⁸⁶. Si la notion d'ambiance a pour enjeu d'être transversale à l'analyse et à la conception, elle implique alors une éthique qui définirait **une pragmatique de l'habiter**. Penser les ambiances, c'est penser l'habitabilité du monde. Thierry Paquot propose de réhabiliter pour cela le terme d'accueilance²⁸⁷. Jean-Paul Thibaud parle lui d'hospitalité des espaces publics.

Mais une éthique ne va pas sans définir les éléments d'une esthétique. Jean-François Augoyard dit bien, que pour l'étude des ambiances, on ne pourra pas faire l'économie d'une théorie esthétique²⁸⁸. L'esthétique n'appartient pas à l'art, elle s'inscrit bien aussi dans les pratiques ordinaires de l'espace et du temps par la relation, le processus et l'expérience.

L'art contemporain commence à aborder ce domaine. Il y a, bien sûr, la possibilité de voir l'art comme une expérience²⁸⁹, mais l'esthétique reste alors définie uniquement à

²⁸⁵ Sur ce point, voir l'introduction de Younes Chris, Paquot Thierry (sous la direction de) (2000). *Éthique, architecture, urbain*, Op. Cit., pp. 7-9. "Lieu d'habitation" est une expression d'Heidegger.

²⁸⁶ Aristote (1972). *Éthique à Nicomaque*, Paris : Éd. Vrin.

²⁸⁷ Younes Chris, Paquot Thierry (sous la direction de) (2000). *Éthique, architecture, urbain*, Op. Cit. p. 70.

²⁸⁸ Augoyard Jean-François (1998). "Éléments pour une théorie des ambiances architecturales et urbaines", Op. Cit., p. 20.

²⁸⁹ Paul Ardenne, Pascal Beausse, Laurent Goumarre, *Pratiques contemporaines - L'art comme expérience*, Éditions Dis Voir, Paris, 1999. Confère aussi l'ouvrage de John Dewey, *Art as experience* de 1959

un niveau phénoménologique, et même si ce niveau inclut bien l'action en plus de la réception, il rend difficile un lien possible avec la conception de l'espace. En effet, celle-ci nécessite de passer par une phase de modélisation, de toute nature, mais qui se situe en amont des phénomènes.

La piste qui nous semble la plus intéressante pour définir des éléments d'une esthétique des ambiances est celle que Nicolas Bourriaud regroupe sous le nom d'*esthétique relationnelle*. L'esthétique relationnelle est une théorie qui consiste à juger les œuvres d'art en fonction des relations inter-humaines qu'elles figurent, produisent ou suscitent.²⁹⁰ Si sa proposition est critiquable²⁹¹ quand elle s'adresse à l'art, il nous semble qu'elle l'est déjà beaucoup moins, si on l'applique à l'espace en général et à l'architecture en particulier. En effet, dans les trois formulations suivantes, il suffit de remplacer les mots "art contemporain" et œuvre par architecture, pour adhérer à sa proposition.

Nicolas Bourriaud nous dit qu'il faut plutôt "[...] apprendre à mieux habiter le monde, au lieu de chercher à le construire d'après une idée préconçue de l'évolution historique. En d'autres termes, ~~les œuvres~~ *l'architecture* ne se donnent plus pour but de former des réalités imaginaires ou utopiques, mais de constituer des modes d'existence ou des modèles d'action à l'intérieur du réel existant, quelle que soit l'échelle choisie par ~~l'artiste~~ *l'architecte*."²⁹² Pour cela, il propose de définir ~~un art~~ *une architecture* relationnelle qui prendrait pour horizon théorique "la sphère des interactions humaines et son contexte social, plus que l'affirmation d'un espace symbolique autonome et privé."²⁹³ La conception, par la prise en compte des relations, devient alors possible : "~~l'art contemporain~~ *l'architecture* modélise plus qu'~~'il~~ elle ne représente, s'insère dans le tissu social plus qu'~~'il~~ elle ne s'en inspire"²⁹⁴.

²⁹⁰ Bourriaud Nicolas (1998). *Esthétique relationnelle*, Dijon : Éd. Les Presses du Réel, p. 117.

²⁹¹ Sur ce point, voir l'article de Buffet Laurent (1999). "Du Relationnel dans l'art : critique et opportunisme", in *Verso, arts et lettres*, n°16, pp. 22-27.

²⁹² Bourriaud Nicolas (1998). *Esthétique relationnelle*, Op. Cit., p. 13.

²⁹³ Ibid. p. 14.

²⁹⁴ Ibid. p. 18.

L'architecture a, en quelque sorte, une obligation à "l'accueilance". On conçoit des espaces pour le bien être des personnes, ce qui n'est pas forcément du même ressort pour l'art.

La conception ne passerait plus seulement par des images de référence mais par **des intentions relationnelles**²⁹⁵. Ces intentions relationnelles interrogent les données construites autant que les données sociales ou sensibles, mieux, elles peuvent les croiser en les reliant. Le récit permet d'en définir, le modèle permet d'en agencer. Elles sont en fait des intentions structurelles définies au début du projet et sur lesquelles il peut pour de bon s'appuyer pour son développement. Elles devraient être à la base de toute décision pour un projet. Par exemple, on peut se demander quelles relations faut-il définir entre un espace et un autre, au niveau sonore, visuel, de l'accessibilité motrice, thermique, mais surtout social, etc. ? Les intentions relationnelles peuvent devenir le lieu de débat possible entre les concepteurs, les commanditaires et les usagers. À ce titre, leurs énonciations devraient permettre de problématiser le projet et par là même d'en avoir une visée politique, c'est ce que nous dit aussi pour finir Félix Guattari :

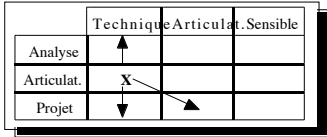
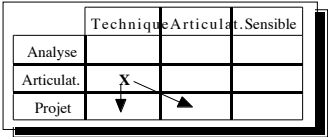
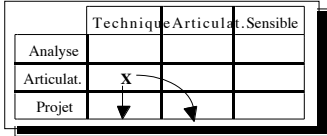
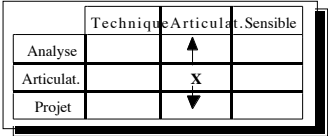
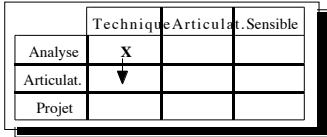
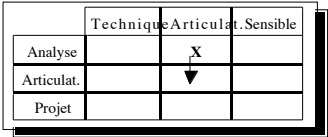
"Impossible, désormais, de se retrancher, de bonne fois derrière l'art pour l'art ou la science pure ! Ré-inventer l'architecture ne saurait plus signifier relancer un style, une école, une théorie à vocation hégémonique, mais recomposer, dans les conditions d'aujourd'hui, l'énonciation architecturale et, en un sens, le métier d'architecte. Dès lors que l'architecte n'aurait plus seulement pour visée d'être un plasticien des formes bâties, mais qu'il se proposerait d'être aussi un révélateur des désirs virtuels d'espaces de lieux, de parcours et de territoire, il devra mener l'analyse des rapports de corporéité individuels et collectifs en singularisant constamment son approche et il devra devenir, en outre, un intercesseur entre ces désirs révélés à eux-mêmes et les intérêts qu'ils contrarient, ou, en d'autres termes, un artiste et un artisan du vécu sensible et relationnel."²⁹⁶

²⁹⁵ On pourrait à ce titre établir une typo-morphologie des relations.

²⁹⁶ Guattari Félix (1989). *Cartographies schizoanalytiques*, Paris : Éd. Galilée, pp. 292-293.

Annexes

Annexe 1 : La notion d'ambiance, enquête bibliographique - Ancrages et orientations des recherches sélectionnées

<p>ARIA</p>  <p>Réalité virtuelle en architecture</p>	<p>CRAI</p>  <p>Simulation des phénomènes lumineux...</p>
<p>CERMA</p>  <p>Application de la modélisation déclarative...</p>	<p>CRESSON</p>  <p>Effets sonores en milieu urbain</p>
<p>CERMA</p>  <p>Modélisation thermoclimatique...</p>	<p>CRESSON</p>  <p>Ambiances en sous-sol</p>

<p style="text-align: center;">CSTB</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td></td><td>Technique</td><td>Articulat.</td><td>Sensible</td></tr> <tr><td>Analyse</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Articulat.</td><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Projet</td><td>▼</td><td>▶</td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">Carmen, l'acoustique des salles...</p>		Technique	Articulat.	Sensible	Analyse				Articulat.	X			Projet	▼	▶		<p style="text-align: center;">CSTB</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td></td><td>Technique</td><td>Articulat.</td><td>Sensible</td></tr> <tr><td>Analyse</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Articulat.</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Projet</td><td>X</td><td>▶</td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">Rideau d'air pour guichet autoroutier</p>		Technique	Articulat.	Sensible	Analyse				Articulat.				Projet	X	▶	
	Technique	Articulat.	Sensible																														
Analyse																																	
Articulat.	X																																
Projet	▼	▶																															
	Technique	Articulat.	Sensible																														
Analyse																																	
Articulat.																																	
Projet	X	▶																															
<p style="text-align: center;">DELAGE & DELAGE</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td></td><td>Technique</td><td>Articulat.</td><td>Sensible</td></tr> <tr><td>Analyse</td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>Articulat.</td><td></td><td></td><td>▼</td></tr> <tr><td>Projet</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">Diagnostic sonore d'un quartier...</p>		Technique	Articulat.	Sensible	Analyse			X	Articulat.			▼	Projet				<p style="text-align: center;">DIASONIC - ESPACE NOUVEAUX</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td></td><td>Technique</td><td>Articulat.</td><td>Sensible</td></tr> <tr><td>Analyse</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Articulat.</td><td>X</td><td>▶</td><td></td></tr> <tr><td>Projet</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">Le Spatialisateur</p>		Technique	Articulat.	Sensible	Analyse				Articulat.	X	▶		Projet			
	Technique	Articulat.	Sensible																														
Analyse			X																														
Articulat.			▼																														
Projet																																	
	Technique	Articulat.	Sensible																														
Analyse																																	
Articulat.	X	▶																															
Projet																																	
<p style="text-align: center;">DIASONIC - ESPACE NOUVEAUX</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td></td><td>Technique</td><td>Articulat.</td><td>Sensible</td></tr> <tr><td>Analyse</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Articulat.</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Projet</td><td></td><td>X</td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">Le mur d'étoile</p>		Technique	Articulat.	Sensible	Analyse				Articulat.				Projet		X		<p style="text-align: center;">ERIANC</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td></td><td>Technique</td><td>Articulat.</td><td>Sensible</td></tr> <tr><td>Analyse</td><td></td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>Articulat.</td><td></td><td>▼</td><td></td></tr> <tr><td>Projet</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">Problématique et méthodologie</p>		Technique	Articulat.	Sensible	Analyse		X		Articulat.		▼		Projet			
	Technique	Articulat.	Sensible																														
Analyse																																	
Articulat.																																	
Projet		X																															
	Technique	Articulat.	Sensible																														
Analyse		X																															
Articulat.		▼																															
Projet																																	
<p style="text-align: center;">GRECO</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td></td><td>Technique</td><td>Articulat.</td><td>Sensible</td></tr> <tr><td>Analyse</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Articulat.</td><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Projet</td><td>▼</td><td></td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">... évaluation performancielle des bâtiments</p>		Technique	Articulat.	Sensible	Analyse				Articulat.	X			Projet	▼			<p style="text-align: center;">LASH</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td></td><td>Technique</td><td>Articulat.</td><td>Sensible</td></tr> <tr><td>Analyse</td><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Articulat.</td><td>▼</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Projet</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">Simulation numérique...</p>		Technique	Articulat.	Sensible	Analyse	X			Articulat.	▼			Projet			
	Technique	Articulat.	Sensible																														
Analyse																																	
Articulat.	X																																
Projet	▼																																
	Technique	Articulat.	Sensible																														
Analyse	X																																
Articulat.	▼																																
Projet																																	

Annexe 2 : Conduites de cheminement, Cassette VHS - Vidéogrammes

Annexe 2 : Cassette VHS - Vidéogrammes

Durée totale 37 minutes [hors amorce] - Format standard PAL - VHS - Couleur - Non sonore

Montage, collaboration Guy Diart (Acroe) - Jacquette, collaboration Julien Mc Oisans (Cresson)

Partie 1 : Observations <i>in situ</i>						
Centre commercial Grand-Place - Grenoble - Sortie Tramway - Mercredi 11 juin 1997, 10h25 à 14h15 - Météo : soleil, parfois couvert, pas de vent.						
Réalisation : CRESSON avec la collaboration du Laboratoire Vidéo de l'École d'Architecture de Grenoble						
N°	Début	Durée	Titre	Informations Techniques	Date	Auteurs
01	2'44"	26"	Extrait 1	S-VHS-S-C	11 juin 1997	NT
02	3'10"	50"	Extrait 2	S-VHS-S-C	11 juin 1997	NT
03	4'00"	45"	Extrait 3	S-VHS-S-C	11 juin 1997	NT
04	4'45"	1'10"	Extrait 4	S-VHS-S-C	11 juin 1997	NT
05	5'55"	1'10"	Extrait 5	S-VHS-S-C	11 juin 1997	NT
06	7'05"	1'23"	Incident 1	S-VHS-S-C	11 juin 1997	NT
07	8'28"	3'10"	Incident 2	S-VHS-S-C	11 juin 1997	NT
08	11'38"	1'40"	Accéléré [x 5.5]	S-VHS-S-C + accélération par traitement numérique	11 juin 1997	NT
Partie 2 : Modélisations numériques						
Réalisation : ACROE - Auteurs : AL [Annie Luciani], NT [Nicolas Tixier], NS [Nicolas Seminel], SR [Sébastien Rinolfi], MS [Mark Svensson], BH [Björn Hellström]						
N°	Début	Durée	Titre	Informations Techniques	Date	Auteurs
01	13'18"	29"	Réglage du modèle	~seminel/projet/Experimentation/2/foule_19.film 5 ind. vitesses différentes sans viscosité	Juin 1998	AL - NT - NS
02	13'47"	33"	Réglage du modèle	~seminel/projet/Experimentation/2/foule_17.film 10 ind. vitesses peu différentes sans viscosité	Juin 1998	AL - NT - NS
03	14'20"	30"	Réglage du modèle	~seminel/projet/Experimentation/2/foule_20.film 10 ind. vitesses différentes sans viscosité	Juin 1998	AL - NT - NS
04	14'50"	33"	Réglage du modèle	~seminel/projet/Experimentation/3/foule_25.film Rotation à 3 avec viscosité	Juin 1998	AL - NT - NS
05	15'23"	35"	Réglage du modèle	~seminel/projet/Experimentation/3/foule_28.film 10 ind. avec viscosité	Juin 1998	AL - NT - NS

N°	Début	Durée	Titre	Informations Techniques	Date	Auteurs
06	15'58"	1'07"	Réglage du modèle	rinolfi/Conduite_foule/Experimentation/26_foule.flm	Juin 1999	AL - NT - SR
07	17'05"	35"	Quelques problèmes de réglages	~seminel/projet/Experimentation/0/demo.flm Sas - version Manier	Juin 1998	AL - NT - NS
08	17'40"	34"	Quelques problèmes de réglages	~seminel/projet/Experimentation/1/foule_01.flm rebond	Juin 1998	AL - NT - NS
09	18'14"	30"	Quelques problèmes de réglages	~seminel/projet/Experimentation/1/foule_06.flm Paramétrage de l'interaction avec la porte	Juin 1998	AL - NT - NS
10	18'44"	26"	Quelques problèmes de réglages	~seminel/projet/Experimentation/1/foule_13.flm Sas avec cloison superposition des forces	Juin 1998	AL - NT - NS
11	19'10"	32"	Quelques problèmes de réglages	~seminel/projet/Experimentation/1/foule_15.flm Sas avec Cloisons blocage	Juin 1998	AL - NT - NS
12	19'42"	34"	Introduction d'incidents	~seminel/projet/Experimentation/2/foule_24.flm Rayon de détection petit - sans viscosité	Juin 1998	AL - NT - NS
13	20'16"	34"	Introduction d'incidents	~seminel/projet/Experimentation/3/foule_30.flm Ouverture lente - avec viscosité	Juin 1998	AL - NT - NS
14	20'50"	1'23"	Introduction d'incidents	rinolfi/Conduite_foule/Experimentation/27_foule.flm	Juin 1999	AL - NT - SR
15	22'13"	1'22"	Introduction d'incidents	rinolfi/Conduite_foule/Experimentation/31_foule.flm	Juin 1999	AL - NT - SR
16	23'35"	38"	Méthodes de visualisation	~seminel/projet/povray/film2.flm Rendu avec Povray d'une foule à 12 ind.	Juin 1998	AL - NT - NS
17	24'13"	1'22"	Méthodes de visualisation	rinolfi/visu/vision -f31_foule.flm -t 40	Juin 1999	AL - NT - SR
18	25'35"	1'05"	Méthodes de visualisation	rinolfi/visu/vision -t 2000 -f31_foule.flm	Juin 1999	AL - NT - SR
19	26'40"	1'02"	Méthodes de visualisation	svensson/Experimentation/Exp02.flm -d 0.30 -drc (capteurs de force utilisés pour l'intensité des couleurs)	13 juin 2000	AL - NT - MS
20	27'42"	1'02"	Méthodes de visualisation	svensson/Experimentation/Exp03a.flm -e 12001 -e option étoiles - 12 ind. 00 pas de traits simples 1 points des positions des masses	28 juin 2000	AL - NT - MS
21	28'44"	1'01"	Méthodes de visualisation	svensson/Experimentation/Exp05a.flm -e 24000 -e option étoiles - 24 ind. 00 juste des traits des capteurs - 1500 images	28 juin 2000	AL - NT - MS
22	29'45"	1'27"	Méthodes de visualisation	rinolfi/visu/vision -f31_foule.flm -a -45 -45	Juin 1999	AL - NT - SR
23	31'12"	1'03"	Méthodes de visualisation	svensson/Experimentation/Exp02.flm -a 0 0 a: angle de la caméra vteta -0, vphi -0 - 6 individus	8 juin 2000	AL - NT - MS
24	32'15"	1'02"	Méthodes de visualisation	svensson/Experimentation/Exp02.flm -a -90 -30 a: angle de la caméra vteta -90, vphi -30 - 6 individus	10 juin 2000	AL - NT - MS
25	33'17"	1'03"	Méthodes de visualisation	svensson/Experimentation/Exp03.flm -a -45 -45 a: angle de la caméra vteta -45, vphi -45 - 12 individus	13 juin 2000	AL - NT - MS
26	34'20"	1'02"	Méthodes de visualisation	svensson/Experimentation/Exp04.flm -a 0 0 a: angle de la caméra vteta -0, vphi -0 - 24 individus	8 juin 2000	AL - NT - MS
27	35'22"	50"	Effets collectifs	rinolfi/Metabole_foule/b03_foule.flm nb ind. 70	23/04/1999	AL - NT - SR - BH
28	36'12"	1'06"	Effets collectifs	rinolfi/Metabole_foule/b05_foule.flm nb ind. 120	23/04/1999	AL - NT - SR - BH
29	37'18"	1'12"	Effets collectifs	rinolfi/visu/vision -fb05_foule.flm -t 40 nb ind. 120 double sens	23/04/1999	AL - NT - SR - BH

Annexe 3 : Conduites de cheminement, Observation récurrente de séquences numériques

1^{ère} étape de l'analyse : Classification par la technique de "la table et les ciseaux", puis dénomination.
Correspondance de la numérotation des séquences ci-dessous avec celles de la cassette VHS : **A1 (09), A2 (06), A3 (14), A4 (15), B1 (17), B2 (18), B3 (16), B4 (22), C1 (27), C2 (28), C3 (29), C4 (absente).**

Cassette A - Dynamiques émergentes		
Dénomination	Séquence	Remarques - Commentaires
ENFERMEMENT	A3	Personnes se retrouvant enfermées dans le sas. <i>Événement de celui qui est enfermé.</i>
ÉCHAPPEMENT	A3	Rechercher une issue par rapport aux bords. <i>Ils recherchent une issue sur les bords.</i>
BOUSCULADE	A3 - Non A2 - A2	On se cogne. Cela concerne en général beaucoup d'individus (+ de deux). <i>Ce n'est pas la bousculade générale... Ils se cognent pas mal.</i>
EFFET ENTONNOIR	A1 - A2 - A1 - A	Resserrement, canalisation, élargissement. <i>Ça file comme dans un aspirateur... Effet papillon.</i>
ÉLARGISSEMENT	A1	Dilatation : Resserrement de la ligne puis ouverture de nouveau.
ENFILADES	A1 - A1	Formation de lignes : Les éléments rejoignent la ligne existante... <i>Formes filaires. Les points s'alignent dans la partie centrale du canal... Files structurantes.</i>
APPARITION DE FORMES GÉOMÉTRIQUES	A3	<i>Là, triangle parfait.</i>
ENTASSEMENT	A4 - A4	Se produit contre un obstacle ou un groupe moins mobile. <i>C'est vrai, il y a de l'entassement.</i>
GROUPE / ÉLÉMENT	A1 - A2	Émergence de groupe (d'élément) / Individus qui se singularisent. <i>Paquets d'individus... Des individus qui se singularisent</i>
TOURBILLON	A2 - A2	<i>Images de Vortex... Petits tourbillons entre 2 et 3.</i>
EFFET PING-PONG	A2	Ressentiment des interactions. Élément mur. <i>Le rôle des parois est plus prégnant.</i>
EFFET BOULE DE BILLARD	A3	Action brusque de la porte sur un élément. <i>... Prend la porte.</i>
TRANSLATION	A2	Mouvements latéraux. <i>Pas mal de mouvements latéraux.</i>
ANTICIPATION	A	Non anticipation est plus souvent qualifiée que l'anticipation. <i>Les bulles n'anticipent pas, sont aveugles.</i>

RALENTISSEMENT / ACCÉLÉRATION	A2	Ralentissement au niveau des portes, perte d'énergie au niveau du sas. <i>Ils ont perdu de l'énergie après le passage du sas.</i>
VAGUES D'ALIGNEMENT EN SORTIE	A4	<i>...Vagues d'alignement successif à l'ouverture du sas...</i>

Cassette A - Représentation		
Dénomination	Séquence	Remarques - Commentaires
MYSTÈRE	A1 - A - A4	Fonctionnement de l'automate "porte" Zone de détection. Fonctionnement de l'ouverture. <i>L'automate fait peur... Il est mystérieux... Difficulté à identifier la règle...</i>
RÉGLAGE DE L'AUTOMATE	A1 - A2 - A3 - A4 - A2 - A3	<i>Portes lourdes... Pas réglées... Lentes... Rapides... Résistance variable... Stressante... Opposition au dialogue... Tronçonnements...</i>
VITESSE DES ÉLÉMENTS	A2 - A3	Vitesses différentes. <i>Les bulles ne vont pas toutes à la même vitesse. Grandes disparités des vitesses... Macro rythmes...</i>
VIVANT / MÉCANIQUE	A - A2	Paradoxe entre la cassette C plus vivante que la cassette A, plus mécanique, alors que la cassette A a plus d'éléments assimilables au réel. <i>Quand il y a l'introduction d'un symbole mécanique, les bulles paraissent plus mécaniques... Effet de mécanisation de l'être lui-même... Mécanisme : sensibilisation à la rigidité du sujet face à la porte.</i>
CADRAGE	C et A - A4	Les portes et les murs agissent comme un cadre à la scène que l'on voit plus dans la cassette C. <i>La différence qu'il y a entre la cassette C et la cassette A, c'est le cadrage. Dans C, le phénomène est plus riche car il n'y a pas de cadre ce qui donne un sentiment d'identification plus fort.</i>
AUTOMATE _FLUX	A1 - A2 - A3 - A4	Sensation d'indépendance entre la dynamique des portes et le flux. Il y a une quasi non interaction ou inversement (A1), sentiment que le collectif s'impose sur la porte. <i>La porte réagit bien à l'arrivée des flux... Sentiment que le collectif s'impose. Impression que la zone de déclenchement est limitée au centre et un peu en avant.</i>
RÔLE DES PAROIS	A4	Agissent quand les individus ne peuvent évoluer, agissent peu quand les individus sont libres d'évoluer. <i>Si on peut évoluer, les parois ne servent à rien ; si on ne peut pas évoluer, les parois sont importantes.</i>
DENSITÉ	A2	Critère de qualification des vidéogrammes entre eux. <i>La densité est plus forte.</i>
COULEURS	A - A1 - A2	Difficulté de voir les portes. <i>Je n'ai pas vu la porte la première fois.</i>

Cassette A - Postures de vision		
Dénomination	Séquence	Remarques - Commentaires
COMPARAISON	A1 - A1 - A1 - A1	Recherche de situations vécues comparables. <i>Dans la réalité, je me méfie, je mets les bras en avant... Je n'ai pas confiance en l'ouverture, mais plus dans la fermeture.</i>
PROJECTION	A2	La personne se projette dans un élément et parle comme si elle vivait l'événement. <i>Oui, évidemment, je me mets à la place des ronds.</i>
ATTENTION	A3 - A4	Phases d'observation silencieuse. <i>Silence...</i>
SATURATION	A2	Fatigue, lassitude. <i>Un peu saturé à toutes ces bulles.</i>
SURPRISE	A1 - A3 - A4	Rires, émerveillement. <i>Rires... Là, il y a une forme incroyable...</i>
APPRECIATION GÉNÉRALE	A2 - A3	Sensibilité à la séquence. <i>Plus sensible à cette séquence...</i>
APPRECIATION QUALIFIÉE	A - A1	Sensibilité expliquée. <i>Quand c'est purement graphique et mathématique, c'est beau.</i>

SCÉNARISATION	A3 - A4	Interprétation narrative de la scène générale ou d'un extrait. <i>Il y a plein de petites histoires...il reste calme, attend l'aide. Tous les copains arrivent et hop !</i>
IMAGINATION	A2	Quand on imagine un avant ou un après à la scène, à l'écran. <i>Je crois qu'il se passe quelque chose après l'écran.</i>
THÉORISATION	A1	Plus il y a d'éléments, moins le regard est analytique. <i>Si l'image est pleine le regard est analytique.</i>
MÉTAPHORISATION	A - A1 - A2 - A3	Éléments physiques, éléments mécaniques, individus. <i>Fluide, viscosité aquatique, douane, hautement sécurisé, prisonnière, circulation sanguine...</i>
RAPPROCHEMENT DE L'ÉCRAN	A1 - A	Se rapprocher pour voir différemment ; tendance à focaliser sur les interactions avec les portes. <i>On a tendance en se rapprochant à focaliser sur les portes.</i>
MANIPULATION	A1	Usage du magnétoscope, retour en arrière... <i>Il faut savoir si c'est la marche arrière qui joue.</i>
MÉTABOLE	A2 - A2	Changement de vision qui passe alternativement du singulier au collectif. <i>J'ai été frappé par le premier élément qui semble amorcer la séquence...</i>
RÉVÉLATION	A1	Genèse d'un troisième élément, le flux (en plus des éléments et des portes). <i>Existence d'un fluide dont la présence se manifeste, mais n'est pas visible.</i>
DÉCONSTRUCTION	A4 A2 A4	Tension : description des interactions. <i>Jeu sur la tension</i> Distance : <i>Un écart de distance semble être la règle.</i> Bâti / dynamique : paradoxe : <i>l'élément dynamique arrête la mouvance, l'élément fixe, la régénère.</i>

Cassette B - Dynamiques émergentes		
Dénomination	Séquence	Remarques - Commentaires
STRUCTURATIONS SPATIALES	B2	Symétrie : <i>Il y a une symétrie entre haut et bas.</i>
	B2	<i>Il y a une petite différence entre droite et gauche.</i>
	B2 - B3	Vagues : <i>la 1^{ère} vague est plus prononcée au niveau de l'amplitude. (B2) Il y a 2 vagues : commence à la porte et après c'est déphasé. (B2) Il y a 2 vagues, 2 groupes qui arrivent séparément. (B3) Petit obstacle au milieu avec des vagues qui continuent et qui s'estompent. (B2).</i>
	B1 - B2	<i>Passer au peigne. (B1) Densité et des soufflets qui se refont ailleurs. (B2) IL y a une redistribution des soufflets en amont comme en aval. (B2)</i>
STRUCTURATIONS SPATIAUX TEMPORELLES	B4	<i>Singularité sinon homogénéité de la séquence.</i>
	B3	<i>Est ce que le phénomène est symétrique si on inverse le temps ?</i>
	B2	<i>1er temps : l'organisation en faisceaux ; 2e temps : l'organisation en groupe ; 3e temps : l'endroit le plus étroit est décalé. Le creux est nettement après, c'est lié à la vitesse.</i>
EFFET ENTONNOIR	B3	<i>Les gens se bloquent et après se canalisent.</i>
	B2	<i>Phénomène d'étranglement du flux au niveau des portes... Resserrement puis réoccupation.</i>
HÉSITATION	B3	<i>Les gens traînent, ne savent pas quoi faire.</i>
	B1	<i>Turbulence, il a hésité. Les hésitations sont assez faibles...</i>
RECTITUDE	B4	<i>Ils vont absolument droit il me semble.</i>
	B4	<i>Ce qui domine dans l'impression générale, c'est le défilé.</i>
NON-RETOUR EN ARRIÈRE	B	<i>On ne voit jamais quelque chose revenir.</i>
CANALISATION	B1	<i>Je n'ai pas l'impression qu'il y a de gros croisements de flux.</i>
RALENTISSEMENT/ ACCÉLÉRATION	B1	<i>Phénomènes de ralentissement et d'accélération.</i>
	B1	<i>Phénomène de ralentissement quand les portes se ferment et que les gens arrivent.</i>
ACCOUPLLEMENT	B1	<i>Sentiment d'accouplement et de progression.</i>
RECOQUEVILLEMENT	B1	<i>C'est la disparition, la traînée disparaît.</i>
	B2	<i>Je continue à voir mes éléments qui se recoquevillent.</i>
	B1	<i>Il se recoqueville, à la fin, il s'étend.</i>
	B1	<i>Les tiges se recoquevillent de façon à ne pas passer.</i>

RAPPORT LOCAL - GLOBAL	B3	<i>On cherche à relier ces phénomènes individuels à la dynamique générale de l'ensemble.</i>
ENFERMEMENT	B3	<i>Il y en a qui restent coincés dans les poches.</i>
EFFET DE PERTURBATION	B1	<i>Effet de perturbation sur certaines trajectoires.</i>
ÉNFI LADE	B1	<i>Ce mouvement (serpentin) reste une exception.</i>
ÉVITEMENT	B1	<i>Le détour pointe une collision avec l'effet de la porte...</i>
PERTURBATIONS	B3	<i>Il y a les effets des portes sur l'orientation des pieds ;</i>
TOURBILLON	B1	<i>Il y a des turbulences au niveau de la première porte.</i>
	B1	<i>Effet de turbulence.</i>

Cassette B - Postures de vision		
Dénomination	Séquence	Remarques - Commentaires
MANIPULATION	B1	<i>X propose de mettre sur pause pour voir l'ensemble : image arrêtée sur la convergence.</i>
DÉSIGNATION PAR POINTAGE	B1	<i>X montre avec le doigt le petit nœud... Il se lève et montre à l'écran... Ou Y va à l'écran et explique doigt sur l'écran le phénomène de convergence.</i>
DÉSIGNATION CORPORELLE	B3	<i>Mime avec ses pieds.</i>
	B4	<i>Montre debout comment les individus se déplacent.</i>
ATTENTION	B2	<i>Ils réfléchissent longtemps sur les 2 vagues.</i>
	B1	<i>Vision sans commentaire-K7 arrêtée - discussion à trois.</i>
	B4	<i>On repasse B4... La scène est riche de signe et cela distrait trop... Les éléments inutiles empêchent de lire.</i>
	B	<i>Pas de réaction</i>
	B3	<i>Observation silencieuse.</i>
SURPRISE	B4	<i>Rires... Le type essaye de pousser la porte... Très drôle celui-là... Rires quand la personne est coincée.</i>
	B3	<i>Rires sur les scintillements.</i>
APPRÉCIATION GÉNÉRALE.	B4	<i>... Une certaine souplesse... Domination de l'homme sur la machine... Moi, je n'ai rien à dire.</i>
	B3	<i>C'est génial, je trouve.</i>
	B2	<i>C'est magnifique...</i>
	B1	<i>Les émotions, les intentions.</i>
	B	<i>Le premier est magnifique...</i>
APPRÉCIATION QUALIFIÉE	B1	<i>Ca saucissonne plus bête que jamais...</i>
	B2	<i>Effrayant par l'accumulation ; cahots, confusion, peur.</i>
	B4	<i>Je trouve que c'est assez inhumain.</i>
	B4	<i>On est frappé par le mouvement des corps assez souples, alors qu'on a une rigidité du mouvement d'ensemble.</i>
RÉGLAGE DE L'AUTOMATE	B1	<i>Vitesse de réaction des automates, les portes sont trop rapides.</i>
FOCALISATION	B4	<i>Je me focalise dessus et je perds la trajectoire... On est plus attiré par le mouvement des bras que par celui des trajectoires. Regarder à proximité de l'évènement, ils se comportent correctement.</i>
	B3	<i>On observe plus les pas que les portes. On est plus attiré par le mouvement des bras que par celui des trajectoires.</i>
	B	<i>On va da plus en plus aux détails.</i>
	B2	<i>Je me focalise sur la première partie.</i>
INTENTION	B2	<i>Je dois me forcer pour dire que les portes sont ouvertes par un individu qui arrive.</i>
COMPARAISON	B3	<i>Portes normales avec les vantaux.</i>
	B1	<i>Habituellement la personne arrive devant les portes ouvertes.</i>
	B3	<i>C'est comme si l'individu traîne les pieds, il ne les lève pas.</i>
PROJECTION	B3	<i>C'est très rigolo, je ne peux pas m'empêcher de me mettre à leur place...</i>
	B	<i>Bulle, si j'accepte que c'est mon enveloppe plus large...</i>
	B1	<i>Devant le comportement violent des portes, mes antennes viennent s'écraser... Je me ratatine et me redéploie quand il n'y est plus.</i>
	B4	<i>Moi, je serai ému comme la bulle... Pour nous, c'est plus réaliste et l'on a peur pour eux...</i>

MÉTAPHORE	B4 B3 B2 B1	Clones aveugles, zombies, défilé militaire, Asimov et les robots, vermisseaux intelligents... Pieds, rats, ours, trucs rampants, petits animaux, paires, mémés qui cirent un parquet, oiseaux, flux dans un liquide... Histoire en instantanée... Mouvement de chenilles...
SCÉNARISATION	B4 B3 B4	Il y en a un qui s'éternise un peu devant la porte... Comique des personnages bloqués : ils trépignent. IL n'est pas bien malin celui-là. 2 ^{ème} groupe, attendez, on y va de suite. Arrivée en force du 2 ^{ème} groupe qui a l'air beaucoup plus déterminé... On imagine l'individu dans l'espace... Il se démarque... Il ne sait plus où il met les pieds : situation complexe... On a envie de les individualiser...
DÉCONSTRUCTION	B4 B3 B1	Il a dû prendre des mouvements sinusoïdaux en fonction du temps. Défauts de modélisation dans les pas. On voit comme des points, mais ils doivent aussi avoir un diamètre d'interaction.
THÉORISATION	B1 B2 B4 B	Ton espace n'est pas que ton espace physique... Mémoires du cheminement... Une sorte d'apprentissage pour le rythme des portes ; comme une propagation d'onde dans le flot. La profondeur temporelle de l'homme a peut-être une réalité pour lui; peut-être on vit ça. Il y a 2 perceptions différentes de nature. C'est une combinaison de l'espace-temps... Trois phénomènes : - Visibilité du faisceau. - Réorganisation de flux - Phénomènes d'étranglement. Donc ce n'est pas très important pour les hommes de remuer les bras et les jambes. Il n'y a pas de place pour l'aliénation... Il manque quelque chose qui peut-être perturbaît les trajectoires.
PROPOSITION	B2 B4	Ce serait intéressant si ce paramètre était indépendant des portes ; les portes seraient des révélateurs. En tout cas, c'est symétrique, il faudrait voir avec une porte plus grande. ... Ou peut être, cela dépend de la vitesse d'ouverture. Il faudrait le mettre en parallèle sur une moitié d'écran ; personnages ou sphères.

Cassette B - Représentation		
Dénomination	Séquence	Remarques - Commentaires
HABILLAGE	B3 B B4	Ca sert à quoi les couleurs ? L'habillage agit comme un perturbateur. Je suis gêné qu'ils aient les mêmes habits, qu'ils marchent de la même manière... Posture non réaliste des arrêts et accélération... Imaginaire robotique et autiste.
REPRÉSENTATION PAR TRAIT	B2	Met en évidences la forme du jet, du flux... On ne lit plus les individus... Disparition de la perception d'interaction, mais par la trace on la garde... B1, la mémoire est de taille pas trop grande, cela humanise plus. Dans la seconde comme la mémoire est infinie, il n'y a plus rien.
PERSPECTIVE	B4	Par contre la perspective augmente le nombre de lignes et surcharge l'image... Par la perspective (+ de volume), il y a un gommage... J'ai toujours l'impression que les gens "collent" derrière la porte. C'est gênant, c'est un effet de perspective ?
PROBLÈME TECHNIQUE	B3	On voit les portes, mais on ne les remarque pas.
FLUX - AUTOMATE	B2 B1 B4	L'évènement "fermeture des portes" n'a pas l'air d'agir sur les trajectoires. Il y a deux mondes indépendants. Et les corrélations sont difficiles à établir... Immense indépendance entre la foule et les portes, ce n'est pas dans le même espace que cela se passe... Effet de réaction sur le mouvement des individus faible, comme si le flux conservait son autonomie... Il n'y a pas fusion ; il y a fission entre phénomène de flux et les portes... Si le machin est engagé, cela n'a aucune influence ; s'il n'est pas engagé, cela a une importance. Cela reste une barrière très forte une porte par rapport au flux.

VITESSE DES ÉLÉMENTS	B3	<i>Est ce que chaque individu va au même rythme ou pas ? ... Y A -t-il une influence sur le rythme individuel ? ... Vitesse identique ? Non... Dans la séquence finale, il y a deux allures différentes... Ambivalence sur la question du rythme...</i>
MYSTÈRE	B1 B2 B3	<i>Ces portes n'ont peut-être pas de rythmes réguliers... Dans l'ensemble, le flux m'est apparu indépendant, mais en y regardant de près, il y a des choses bizarres qui se passent. Les portes souvent n'ont rien à voir avec le comportement. Le comportement avec les portes dans cette représentation n'est pas évident.</i>
COHÉRENCE	B B1 B4	<i>Les filaments gênent quand la porte se referme sur eux. Cette chenille n'a pas d'intégrité car elle se laisse traverser par la porte... Rupture de cohérence : il y a 2 indices qui vont en sens inverses. Même quand il y a des trajectoires courbes, l'orientation des personnes reste parallèle à l'axe : vision paradoxale... Quand il y a une accélération, la posture doit changer... Un truc est perturbant, il n'y a aucune variation de la posture du corps. C'est extrêmement gênant.</i>
COMPARAISON	B3 B4 B B1 B2	<i>Rapport sonore-visuel : Musicalement, ce sont les mêmes choses mais pas en même temps... Je suis plus influencé par le problème du réalisme, recherche d'un pas réel... Il y a plus de couleurs différentes dans les pieds... C'est le côté architecture qui me déplaît... Une bulle qui s'agglomère dans un coin gêne alors que les pieds c'est intéressant. Pour les autres on avait une sensation de coupe de bulles... Le comportement devant les portes gagne en clarté. On sent beaucoup moins les effets de turbulences... Cette représentation "représente" mieux les attitudes intelligentes... Interactions portes / personnes sont mieux vues... En fait, c'est le même modèle que le précédent, mais avec un corps et un mouvement... Ils ne vont pas tous à la même vitesse, mais cela se voit mieux dans les trajectoires épurées sans la silhouette humaine. Plus on veut du réalisme, moins on lit... On perd avec les trajectoires, les personnages. Les bulles, c'est plus mou, plus doux, à la limite mécanique... Paradoxalement, ils sont plus singuliers en bulles alors que celles-ci sont lues nombreuses. Les changements de direction dominant la vie et moins dans les bulles... B2 est le paroxysme de B1... C'est complètement noyé.</i>

Cassette C - Dynamiques émergentes		
Dénomination	Séquence	Remarques - Commentaires
CROISEMENT	C2	<i>Multiplicité des formes de croisement, difficilement définissable par la géométrie. Il y a des formes de croisement. Ce n'est pas totalement définissable complètement, géométriquement.</i>
ACCOUPEMENT	C2 - C3 C2	<i>Les couples sont identiques. Moi, je vois des couples. Il y a une figure au sens géométrique : évitement par accouplement.</i>
NON-RETOUR EN ARRIÈRE	C - C2 C3 - C3 C2	<i>Le retour en arrière est symbolique et non physique. Questionnement sur leur existence. Y a-t-il des retours en arrière ? Aucune ne rebrousse chemin.</i>
CANALISATION	C	<i>Je vois un flux canalisé, localisé.</i>
FUSION	C1 - C1	<i>Il y a 2 groupes au départ et ça s'homogénéise. Dans la 1e partie, il y a 2 groupes distincts qui fusionnent après.</i>
ENTASSEMENT	C1 - C1 - C1	<i>Il y a de l'agglomération à l'arrivée. Il n'y a pas d'accélération mais une accumulation paradoxale.</i>
GRUPE / ÉLÉMENT	C1	<i>Des petits groupements de temps en temps.</i>
ROTATION	C	<i>Il y a des rotations à trois.</i>
CHOC / COLLISIONS	C2 - C2 - C1 - C2 - C1	<i>Chocs violents... amortis, pseudo chocs... Mous...</i>
RÉPULSION	C1 C3	<i>Ces bulles ne se touchent jamais, elles se repoussent. C'est frappant la cassure, l'angle aigu.</i>
ÉVITEMENT	C2 - C2 - C2 C1 - C4 - C1	<i>Figure récurrente avec parfois rien à éviter. Il y a une figure de l'évitement. Ils évitaient avec rien en face. Obstacle à droite. On croit qu'il y a un obstacle à droite, à la sortie de l'écran.</i>
RAPPORT LOCAL / GLOBAL	C3 - C2 - C1 - C	<i>Il y a un paradoxe : c'est éphémère localement et constant globalement... C'est localement intéressant.</i>

RALENTISSEMENT	C4	<i>Il y a un ralentissement après.</i>
TRANSLATION	C - C1	<i>Il y a des glissements homogènes...</i>
STRUCTURATIONS TEMPORELLES	C2	<i>Il y a des rythmes qui émergent.</i>
STRUCTURATIONS SPATIALES	C - C1 - C4 - C C - C1 C2 C2 C C2 C3	<i>C'est très aéré ; il y a beaucoup de frôlements.</i> <i>Mouvement gauche droite : Les mouvements locaux contredisent le mouvement de gauche à droite.</i> <i>Création perpétuelle de lignes horizontales qui donnent l'impression d'une partition horizontale / spatiale de l'écran. Long moment où 5/6 des éléments s'alignent et génèrent un mouvement contraire... Il y a un striage du territoire... Mécanismes filaires... Une ligne fait son sillage. Il y a des destinées contraires, mais les lignes continuent, malgré tous les chocs. La deuxième séquence pourrait être Brownien s'il y avait moins de chocs.</i> <i>Il y a des phénomènes de symétrie.</i>
STRUCTURATIONS SPATIO-TEMPORELLES	C2 C4 C1 C3	<i>Métabole : Il y a un effet de métabole avec les files générées par le mouvement.</i> <i>Co- Ajustements réciproques. Il y a des micro-repositionnements.</i> <i>Il y a des configurations changeantes.</i> <i>C'est du grouillement structuré.</i>

Cassette C - Postures de vision		
Dénomination	Séquence	Remarques - Commentaires
RÉVÉLATION	C2	<i>Il y a génération d'une entité : zone délimitée par le contournement ; il y a nécessité de ce mouvement pour voir cette 3ème entité.</i>
DESCRIPTION PAR IMITATIONS CORPORELLES	C	<i>Processus de reproduction d'une dynamique par l'ensemble du corps de l'observant.</i> <i>Description avec son corps.</i>
DESCRIPTION PAR SCHÉMAS GESTUELS	C2 - C2	<i>Dessine des bulles avec les doigts. Mime avec les mains.</i>
DÉSIGNATION PAR POINTAGE	C3 - C - C - C3 - C3	<i>Action de pointer une dynamique, un phénomène à l'écran sans pour autant pouvoir le nommer. Il lui montre les croisements avec son stylo, sur l'écran.</i>
DÉCONSTRUCTION	C - C3 - C	<i>Règles physiques : interactions physiques.</i> <i>Ici ce sont des interactions purement physiques. distances d'interactions différenciés.</i> <i>Une paire de balles change-t-elle le seuil d'interaction. ? ... Parfois, ils peuvent se toucher et parfois il existe une certaine distance.</i>
COMPARAISON	C - C2	<i>C3 me fait penser à la danse et au spectacle.</i> <i>C'est un immense ballet, chorégraphie, avec des rythmes différents... L'arrêt peut correspondre à une raison intérieure. Cela m'est arrivé.</i>
PROJECTION	C - C2	<i>S'il y a un frôlement psychologique, il y a un retour en arrière dû à la peur... Ce n'est pas qu'un arrêt physique car il ne peut pas faire plusieurs choses à la fois.</i>
APPRÉCIATION GÉNÉRALE	C4 - C2 - C3 - C4 - C - C3 - C2 - C3 - C	<i>Cela m'a beaucoup plu... C'est difficile de dire des choses...</i>
APPRÉCIATION QUALIFIÉE	C3 - C3 - C4 - C2 - C1C2 - C1 - C3	<i>Il n'y a plus d'autonomie, plus de respiration. C'est</i> <i>Intéressant les divergences... Socialement correct... pas gentillet... Pas de violence... Visualisations casse-pieds...</i>
ATTENTION	C - C1 - C2 - C2	<i>Silence, ils écrivent, ils sont proches de l'écran... Moi, je ne m'endors pas... On se concentre sur le centre de l'image...</i>
DISTANCE À L'ÉCRAN	C1	<i>Je suis sensible à la distance de l'observation.</i>
SURPRISE	C4	<i>Rires</i>
SATURATION	C4	<i>C'est monotone, tous désespérément la même vitesse.</i>
SCÉNARISATION	C1 - C2 - C - C - C2 - C2	<i>Destin commun : on suit le destin d'une particule puis on suit une destinée...</i> <i>Retour en arrière : 1/ Appel d'un copain. Le retour en arrière ressemble à un appel d'un copain.</i> <i>Ordre du jeu : Les retours sont de l'ordre du jeu.</i> <i>Rencontre : deux bulles se rencontrent et ne savent plus où aller.</i>
MÉTAPHORE	C3 - C1 - C2 - C2C2	<i>Caresses, fluide, flux, bulles d'eau, méduses, ver de terre, spermatozoïdes, êtres vivants, passages à la vie, foule asiatique, départ de marathon, ouverture de Carrefour, champ de bataille, supermarché local, danse, ballet, globules rouges, greffer de l'humain, plasma, étouffement, sensualité, gamètes.</i>

INTENTION	C	Mon objectif est de trouver des figures émergentes.
IMAGINATION	C - C3	J'ai du mal à imaginer les retours ou alors dans un ballet imaginaire...

Cassette C - Représentation		
Dénomination	Séquence	Remarques - Commentaires
CADRAGE	C - C1	Je pense à des globules rouges si j'oublie les canalisations de bord d'écran. Impression de bords. Des bulles d'air qui remontent et qui s'arrêtent à la surface (en regardant l'écran à l'horizontal.)
REPRÉSENTATION PAR ROUNDS PROBLÈME TECHNIQUE	C2 C	Est ce gênant d'avoir une visualisation avec des ronds ? On a dessiné l'enveloppe psychologique et physique. C'est pas gênant. Le clignotement des ronds est gênant.
RAPPORT SONORE / VISUEL	C2 - C2	Je verrai bien de la musique avec la simulation. C'est une figure plus sonore que visuelle.
DENSITÉ	C2	S'il y a plus d'individus, le rythme serait encore plus rendu.

2^{ème} étape de l'analyse : Reprise de la classification dans un système logique triangulaire et circulaire.

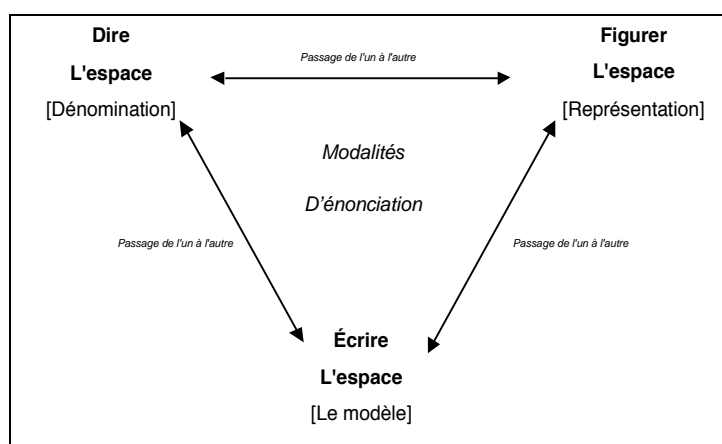






Figure 100 : Écrire, Figurer et Dire l'espace- schéma des passages de l'un à l'autre





Les modalités d'énonciation peuvent être regroupées en trois catégories. Chacun utilise l'une ou l'autre selon ce qu'il veut faire passer, de plus, elles sont souvent hybridées : **je dis, je mime et je montre.**

La parole : dénomination, métaphore (c'est comme si), comparaison au vécu (j'ai déjà vécu cela), projection (je me mets à la place d'une des masses), scénarisation (je vois et raconte une histoire), les jugements de valeurs, analyse, etc.

Le corps : par l'attitude (l'attention, la surprise, la saturation...), par le mime, par un schéma gestuel, etc.

La relation à l'écran : l'interrogation, la désignation par pointage sur l'écran, le rapprochement de l'écran, la manipulation de la télécommande, etc.

	Dire l'espace Phénomènes observables		Figurer l'espace Représentations		Écrire l'espace Modèle & fonctionnement	
A	Enfermement Échappement Bousculade Effet entonnoir / élargissement Enfilade Formes géométriques Entassement Formation groupe / singularisation Tourbillon Effet boule de billard Déplacement latéraux Vague d'alignement	Métabole Révélation Scénarisation (tous les copains arrivent) Prolongation (après l'écran) Métaphorisation (fluide, douane, sang...)	Projection (se mettre à la place) Analyse ? Plus il y a de mécanique plus les bulles paraissent mécaniques, moins il y en a plus elles sont vivantes Habillage : couleur, difficulté de voir les portes	Comparaison (je mets les bras en avant) Analyse (nombreux éléments cela donne plus d'abstraction) Analyse (jeux sur la tension) Les portes et les murs agissent comme un cadrage à la scène (A/C) Densité comme critère de qualification des vidéogrammes	Questionnement sur le fonctionnement du sas Réflexion sur le réglage du sas	Rôle prégnant des interactions avec la paroi Non-anticipation : les bulles sont aveugles Perte d'énergie après le sas Analyse : élément dynamique arrête la mouvance, élément fixe la régénère : paradoxe Vitesse des éléments Relation automate/flux : le collectif s'impose sur les portes Rôle des parois : elles agissent principalement quand on ne peut évoluer
B1	Hésitation Ralentissement / Accélération Recroquevillement Perturbation sur trajectoire Enfilade Évitement Tourbillon	Structuration spatio-temporelle : passer au peigne, accouplement (sentiment de), canalisation Projection (recroquevillement) Métaphorisation (chenilles)	Petites traces = + de vie Cohérence : pb. de voir les filaments se faire couper	Analyse : mémoire du cheminement	Réglage de l'automate : portes trop rapides Réglage du sas mystérieux	Ralentissement quand les portes se ferment Comparaison : habituellement les personnes arrivent devant les portes ouvertes Analyse : on voit des points, mais ils ont un diamètre d'interaction Analyse : apprentissage ou propagation d'onde ? Relation automate-flux : 2 mondes indépendants (fission)
B2	Effet entonnoir	Structuration spatiale : symétrie haut bas, petite différence entre droite et gauche, création de vague, redistribution des soufflets, 3 temps : faisceaux, groupe, creux (dus à la vitesse) Recroquevillement Focalisation sur la première partie Analyse : visibilité du faisceau, réorganisation du flux et phénomène d'étranglement	Métaphorisation : histoire en instantané Analyse : combinaison de l'espace-temps Paradoxe : on perd la sensation d'interaction et pourtant on a sa trace - c'est complètement noyé	Analyse : profondeur temporelle		Analyse : je dois me forcer pour dire que les portes sont ouvertes pas un individu Analyse : vague : longueur d'onde indépendante des portes ? Relation automate-flux : peu d'action sur les trajectoires
B3	Effet entonnoir Hésitation Enfermement	Perturbation sur le mouvement des pieds Focalisation sur les pas par rapport aux portes Métaphorisation (pieds, rats, ours, petits animaux, paires...) Scénarisation : vie des groupes	Analyse : c'est comme si l'individu traîne des pieds et ne les lève pas Projection Habillage : couleurs ? Habillage : portes peu visibles Habillage : côté architectural gênant	Comparaison : pb de réalisme avec les pieds		Analyse : est-ce que le phénomène est symétrique si on inverse le temps ? Rapport local- Global : on cherche à relier les dynamiques individuelles à la dynamique générale Analyse : défaut de modélisation dans les pas Vitesse des éléments
B4	[Vide !]	Structuration spatio-temporelle : homogénéité avec quelques singularités Rectitude : défilé Mouvement des corps souples par rapport à la rigidité d'ensemble Focalisation sur individus = perte des trajectoires Métaphorisation (clone, aveugle, zombies, défilé militaire...) Scénarisation : s'éternise Analyse : mettre en parallèle personnage et sphère Comparaison : comportement plus vrai devant les portes	Projection Analyse : pas très important de remuer les bras et les jambes Habillage : perturbateur Habillage + postures non réalistes Perspective = surcharge de l'image Cohérence : les postures doivent changer avec les dynamiques Analyse : plus on veut du réalisme, moins on lit			Domination de l'homme sur la machine Analyse : mouvements sinusoidaux Analyse : nécessité d'avoir un perturbateur Relation automate-flux : barrière très forte
C	Croisement (multiplicité) Fusion (2 groupe puis 1 seul) Entassement Groupe / Singularisation Rotation Collision (différentes formes de) Répulsion Forme de Von der... Évitement Ralentissement Déplacements latéraux Enfilade (alignement) Co-ajustement	Accouplement Non-retour en arrière Canalisation Métabole : éphémère localement, constant globalement Structuration temporelle : rythme qui émerge Structuration spatiale : très aéré, création de lignes horizontales qui partitionnent l'écran et phénomènes de symétrie Structuration spatio-temporelle : mouvement brownien (C2) et mouvements locaux	Cadrage : impression de non-bord Orientation : écran à 90° Bulles qui remontent à la surface Pb technique : clignotement des ronds gênant Rapport sonore/visuel, figure plus sonore que visuelle	Représentation en rond : enveloppe psychologique et non physique Densité : plus individuel, rythme encore plus rendu	Non-retour en arrière	Analyse : une paire de balle change-t-elle le seuil d'interaction ? Comparaison : l'arrêt peut correspondre à une raison intérieure

	Dire l'espace Phénomènes observables		Figurer l'espace Représentations		Écrire l'espace Modèle & fonctionnement	
		<p>contredisent les mouvements gauches droits</p> <p>Métabole avec les files générées par le mouvement</p> <p>Grouillement structuré</p> <p>Révélation (3^{ème} entité)</p> <p>Métaphorisation (ballet, chorégraphie, Caresse, fluides, bulles d'eau, méduses, vers de terre, spermatozoïdes...)</p> <p>Scénarisation : destin commun, appel d'un copain, errance</p>				

Annexe 4 : Conduites de cheminement, métabole visuelle - tentative de notation

Entre les espaces composés d'objets isolés [*discrets*] et les espaces dans lesquels il est impossible de différencier les objets les uns des autres [*continus*], il existe moult espaces intermédiaires, dont certains peuvent être nommés de métaboliques. Ce sont ceux-là que nous recherchons, qu'ils soient visuels ou sonores. Tout l'intérêt de ces espaces est dans les dynamiques qui les font exister. Comment nous passons continuellement d'un événement à un autre, tous différents et paradoxalement tous les mêmes.

Comment décrire les dynamiques qui s'y effectuent, comment les noter ? Est-il possible par ces outils de descriptions de passer d'un espace visuel à un espace sonore ou inversement ? Quels sont les descripteurs communs entre sons et images en mouvement ?

Une réponse est esquissée à partir de l'idée de geste s'appuyant sur une logique de schèmes²⁹⁷ événementiels élémentaires.

Regroupant, depuis 2000, d'autres personnes, ce projet se continue avec une optique un peu différente. Il a été initié avec Björn Hellström (Architecte, musicien et designer sonore) et en collaboration avec l'Acroe, le Cresson et le Royal University of Technology of Stockholm.

Nous ne donnons ici que les éléments synthétiques permettant d'appréhender la démarche.

²⁹⁷ Logique qui a été facilitée par les travaux de Dominique Raynaud. Voir : Raynaud Dominique (1998). *L'imagination architecturale*, Marseille : Éd. Parenthèses.

Schème : au sens didactique, d'une structure ou d'un mouvement d'ensemble d'un objet, d'un processus.

APPORTS

Pour ce travail, nous sommes partis de vidéogrammes issus d'expérimentations numériques effectuées avec le modèle physique de l'Acroë. Ce modèle a été mis au point à Grenoble par Claude Cadoz, Annie Luciani et Jean-Loup Florens. Les usages de ce modèle sont multiples, ils vont de la recherche scientifique, aux applications technologiques jusqu'à la création artistique.

Pour en savoir plus : <http://www-acroë.imag.fr>

Dans l'association *modèle physique*, faut entendre l'adjectif *physique* comme un qualificatif du mot *modèle* et non comme un outil qui s'appliquerait à la modélisation d'objets physiques. Il est dit physique car il utilise des descripteurs de la physique [la notion de force, les paramètres d'inertie, d'élasticité et de viscosité] et des règles de la physique [le principe d'interaction]. Une fois défini le réseau composé de masses ponctuelles et de liaisons, un calcul fréquentiel peut s'effectuer. Par essence même, le modèle est multisensoriel : il permet de générer à partir de cet espace de construction [espace du modèle] des images en mouvement, des sons, des sensations tactilo-kinesthésiques [avec un transducteur gestuel à retour d'effort]. Le langage utilisé est *Cordi-Anima*.

Pour travailler sur l'effet de métabole visuel, nous utilisons un modèle développé à l'Acroë avec Annie Luciani pour l'étude des conduites de cheminement en milieu urbain avec l'aide de S. Riolfi. Il s'agit de particules [masses ponctuelles en réalité] qui traversent [grâce à des attracteurs] un plan bordé par deux murs [invisibles mais actifs], puis re-rentrent dans la scène.

OPÉRATIONS

Chaque expérimentation numérique nécessite plusieurs étapes, fonctionnant en boucle : induction [paramètres], calcul [modèle numérique], observation [qualification] et ainsi de suite.

- Définition du nombre de particules, définition des fonctions d'interaction et de leurs paramètres ;
- Exécution du programme - calcul en différé ;
- Visualisation du résultat - évaluation qualitative de la richesse ou non des dynamiques obtenues et observées.

RÉSULTATS

Sur 9 expérimentations, le choix porte sur un film comportant 70 particules présentes au maximum dans la scène. Ce choix est justifié par la richesse des dynamiques observées et par l'impression métabolique que donne sa visualisation : on passe constamment d'un événement à un autre, c'est constamment différent et paradoxalement toujours identique. Ce vidéogramme est pris pour référence et base de travail.

Le vidéogramme étudié correspond à la séquence 27 de la cassette vidéo.

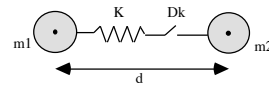


Fig. 1 : Éléments de base du modèle - 2 masses ponctuelles et une liaison [ici fonction d'élasticité seuillée]

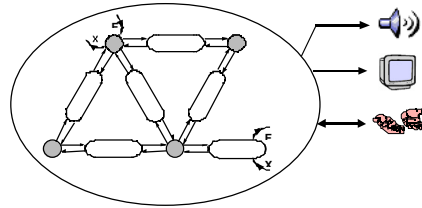


Fig. 2 : Premier temps : écriture du modèle [partie gauche] - Second temps : simulation et représentation du modèle par un, ou des dispositifs sensoriels [partie droite]

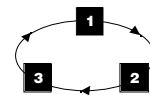


Fig. 3 : Principe expérimental : récurrence des observations sur les paramètres

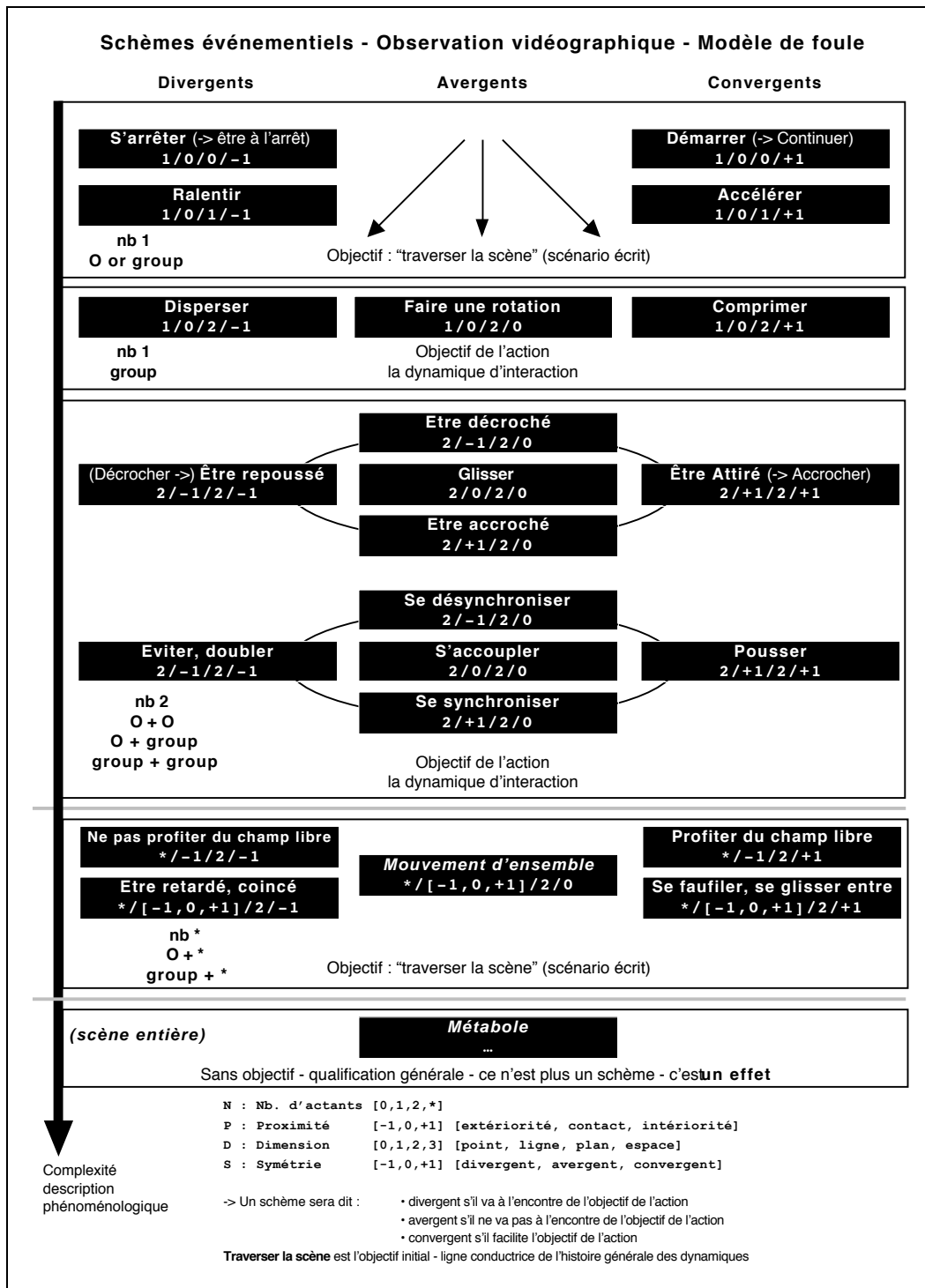


Figure 101 : Schémas événementiels - Structuration générale

Ce système se veut suffisamment générique pour espérer décrire les dynamiques observées sur les vidéogrammes numériques.

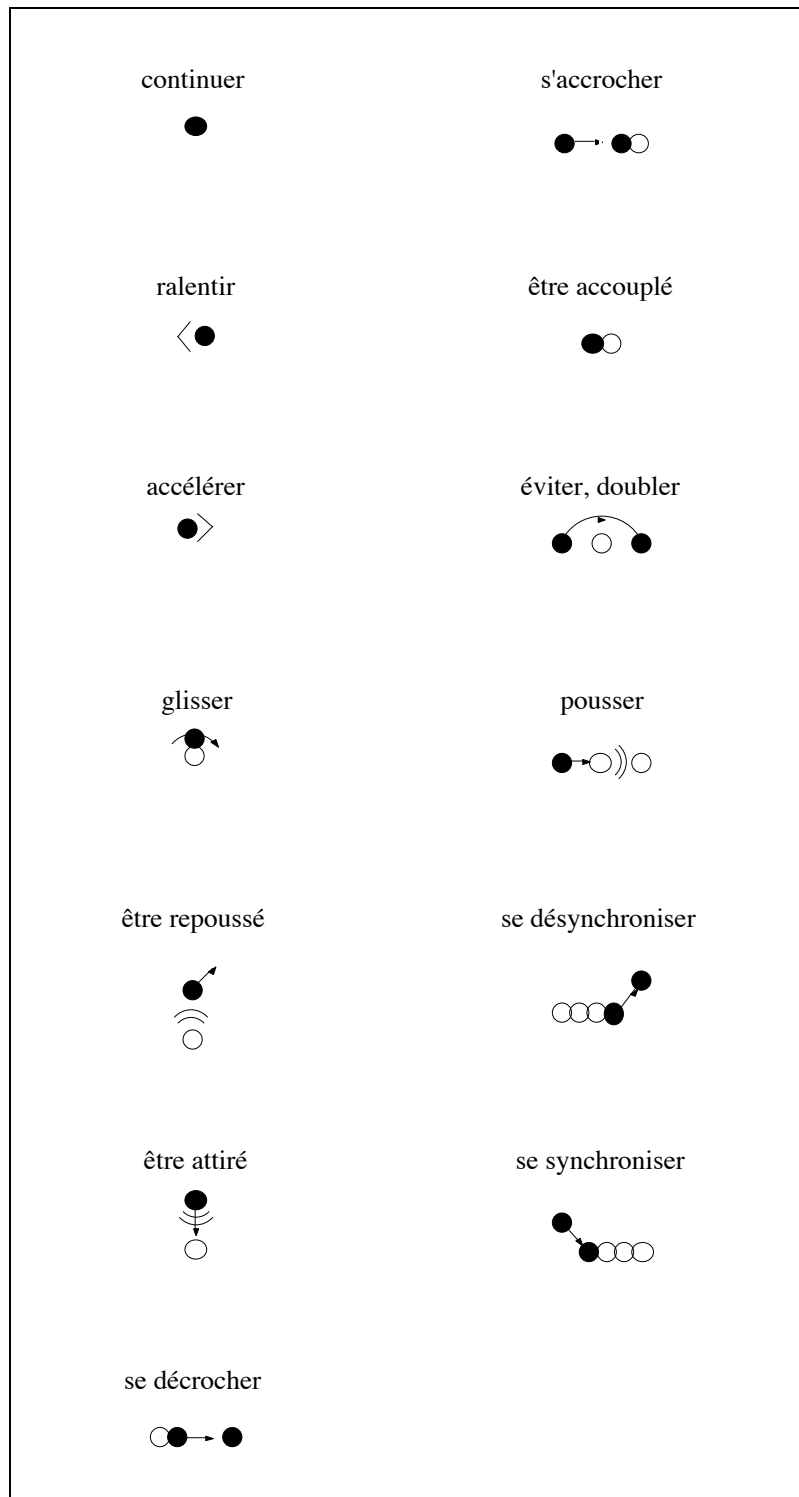


Figure 102 : Notation des schèmes sélectionnés

Parmi tous les schèmes inventoriés précédemment, les plus élémentaires (ci-dessus) ont été sélectionnés. Un essai de notation a été esquissé, on en a un extrait page suivante.

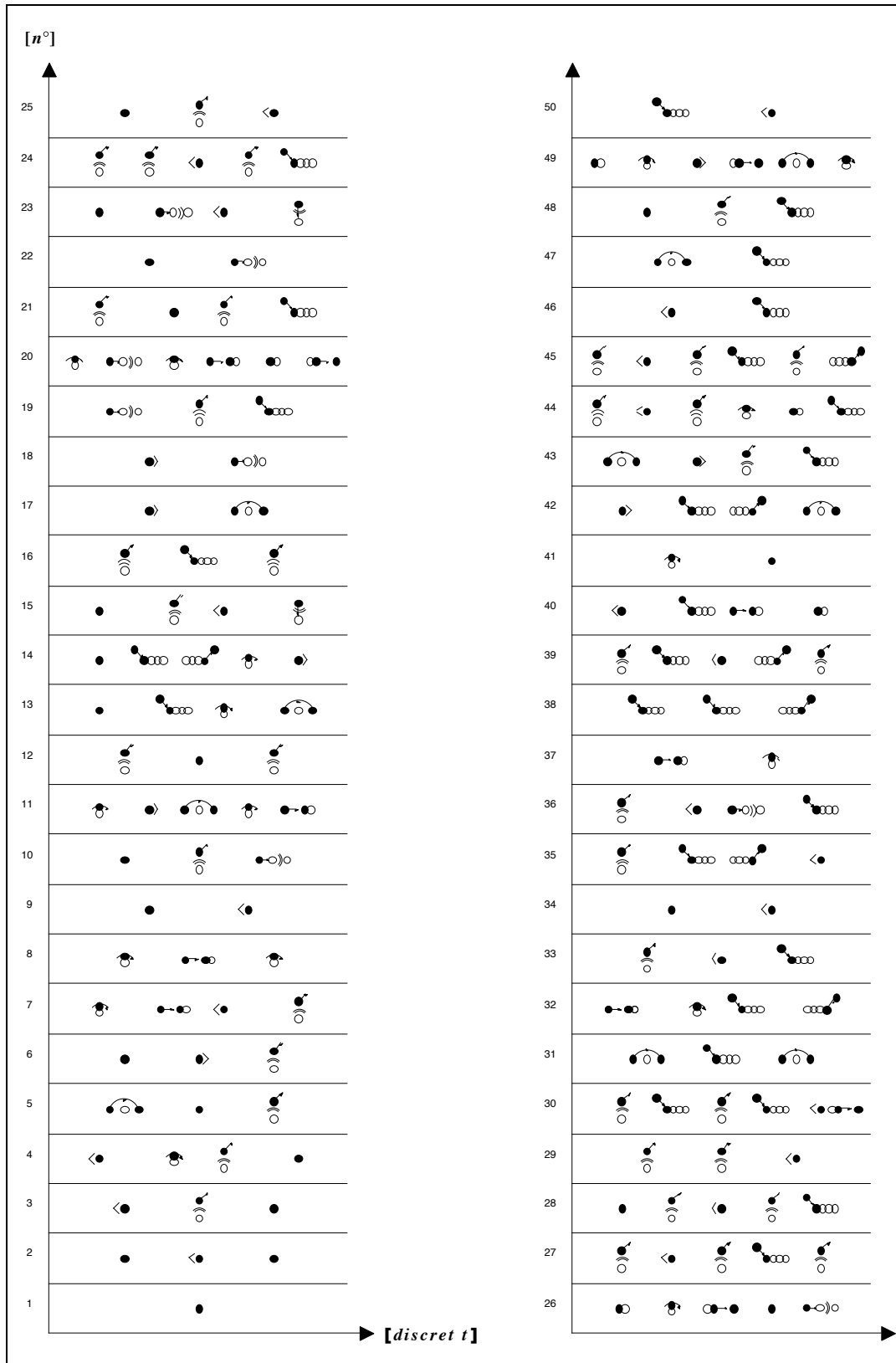


Figure 103 : Graphe des événements : éléments/temps [Extraits]

Annexe 5 : Conduites de cheminement, Législation et notions de confort sur les portes automatiques

Quel que soit l'espace public ou privé étudié, quel que soit le dispositif spatial concerné, il est possible de l'aborder par la question du confort, ou mieux encore des comforts. Ainsi, ici, on peut formuler l'interrogation suivante :

Quelles notions de confort retrouve-t-on dans le dispositif particulier des portes automatiques ?

L'approche de cette question peut se faire en regard à la législation s'appliquant au dispositif. Voici les articles concernant des notions de confort, issus du *Journal Officiel de la République Française*²⁹⁸, qui s'appliquent aux installations antérieures au 21/12/1993. C'est le cas ici (les modalités sensibles concernées sont indiquées entre crochets, par exemple : [visuel]).

- Article 5-2 :

La porte ou le portail doit éviter qu'une personne ne puisse rester bloquée :

a) Soit n'exercer en tout point du chant du tablier ou des vantaux, dans les zones de fin d'ouverture et de fin de fermeture, qu'une force inférieure à 15 daN ; dans ce cas, les installations doivent, de plus, satisfaire aux dispositions relatives à l'éclairage du volume de débattement, aux feux clignotants et au marquage au sol définies à l'article 2; [Tactile / Kinesthésique] puis [visuel]

b) Soit satisfaire à l'ensemble des dispositions de l'article 2.

²⁹⁸ Législation relative aux portes et portails automatiques et semi-automatiques sur les lieux de travail - Arrêté du 21 décembre 1993 suivi de l'annexe à l'article 2 (CO 48) de décembre 1994, *Journal Officiel de la République Française* - Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Formation Professionnelle.

- Article 2-1 : (installations nouvelles)

...b) Un dispositif à sécurité positive doit interrompre immédiatement tout mouvement d'ouverture ou de fermeture de la porte ou du portail lorsque ce mouvement peut causer un dommage à une personne; [Tactile / Kinesthésique]

c) Une défaillance, une panne ou une détérioration des dispositifs de sécurité, une coupure ou une réalimentation après coupure du système d'alimentation en énergie, notamment, ne doivent pas provoquer une situation dangereuse; [Tactile / Kinesthésique]

d) Les dispositifs à sécurité positive doivent protéger les zones d'écrasement et de cisaillement et, le cas échéant, les zones de coincement ; ces dispositifs sont des détections de présence ou des détections de contact; [Tactile / Kinesthésique]

...f) Le chant du tablier ou du vantail balayant la zone de fin de fermeture doit être muni d'un joint élastique; [Tactile / Kinesthésique]

g) Le volume de débattement de la porte ou du portail doit être correctement éclairé, un niveau d'éclairage de 50 lux mesuré au sol doit être assuré et l'aire de débattement doit faire l'objet d'un marquage au sol; [Lumineux]

h) Tout mouvement de la porte ou du portail doit être signalé par un feu orange clignotant visible de chaque côté; [Visuel]

...j) La porte ou le portail doit pouvoir être ouvert manuellement afin de pouvoir dégager une personne accidentée. [Tactile / Kinesthésique]

- Article 2-2 :

Lorsque ces portes sont accessibles au public, elles doivent satisfaire aux prescriptions complémentaires suivantes :

a) La présence et la position des détecteurs doivent prendre en compte la présence d'un enfant se suspendant au tablier ou au vantail de la porte ou du portail; [Visuel]

b) Le feu orange clignotant doit se déclencher au moins 2 secondes avant le mouvement de la porte ou du portail. [Visuel]

- Article 4-2 :

L'interstice maximum entre deux plans de coulissement pouvant occasionner un pincement doit être de 8 mm si l'effort de poussée est supérieur ou égal à 15 daN. [Tactile / Kinesthésique]

- Article CO 48 : (annexe à l'article 2 - décembre 1994)

§3 - b) *En cas d'absence de source normale de l'alimentation électrique, les portes automatiques doivent se mettre en position ouverte et libérer la largeur totale de la baie :*

- soit manuellement par débattement vers l'extérieur d'un angle au moins égal à 90 degrés, pouvant être obtenu par simple poussée. S'il y a lieu, les portes à tambour ou les portes coulissantes doivent se placer par énergie mécanique intrinsèque telle que définie dans la norme NF S 61-937, dans la position permettant d'atteindre cet objectif ; [Tactile / Kinesthésique] [Visuel]

- soit automatiquement par effacement latéral obtenu par énergie mécanique intrinsèque. Par mesure transitoire jusqu'au 30 avril 1995, les autres systèmes actuellement utilisés sont autorisés.

§5 - *Pour assurer la circulation des personnes en cas de heurts, les vitrages des portes des circulations ou en façade, maintenus ou non par un bâti, doivent répondre aux dispositions du DTU 39-4 en ce qui concerne :*

- le produit verrier à utiliser ; [Tactile / Kinesthésique]

- la visualisation de la porte. [Visuel]

Par une approche strictement analytique, la législation définit de manière très précise ce qui amènerait non pas au confort, mais principalement à l'**inconfort** de l'utilisateur²⁹⁹ par des consignes de sécurité : résistance mécanique minimale, volume de détection minimale, cisaillement, pincement, valeur d'éclairage minimum du volume de débattement, etc. Seuls les critères concernant le marquage au sol et les avertisseurs visuels participent directement de la notion de confort tout en étant axés sur l'évitement du confort. Dans tous les cas est défini uniquement ici **un confort de commodité**³⁰⁰. De plus ce confort concerne principalement les modalités tactiles, kinesthésiques, visuelles et lumineuses. Quid du sonore du dispositif ? Le son des portes pourrait répondre d'un design sonore, indice d'un changement d'univers et faire que l'avertisseur soit sonore en même temps que visuel (il y a d'ailleurs des bips sonores intégrés dans les nouveaux modèles de porte).

²⁹⁹ On rejoint par cette lecture de la législation les conclusions de Grégoire Chelkoff qui montre qu'habituellement le confort se définit principalement par l'inconfort, in (1991). *Bien-être sonore à domicile. Architectures du logement et potentiel de confort sonore*, Grenoble : Cresson, multig., p. 7.

³⁰⁰ Concernant la notion des 3 conforats - confort de commodité, confort de maîtrise, confort de réserve - on peut se reporter à Pascal Amphoux, *Les 3 conforats*, Cours de D.E.A., Cresson, Grenoble, 1997.

On peut en conclure que, **la législation relative aux portes automatiques définit le confort principalement par des seuils d'inconfort³⁰¹, et qu'aucun réglage participant d'un confort de maîtrise n'est mis en œuvre.**

Les nouvelles portes automatiques coulissantes sont régies par un boîtier électronique programmable. Il permet, entre autre, de coordonner l'ouverture des deux portes, et de régler les temps d'ouverture en relation avec un analyseur fréquentiel des flux traversants. Ceci sans parler des réglages qui permettraient d'avoir un effet sas efficace concernant les paramètres thermiques et l'aéraulique.

Dépassant les notions de confort, on peut aussi voir dans ce dispositif, ou plus exactement dans son fonctionnement l'archétype de l'objet moderne, possédant plusieurs des caractères propres à *l'imaginaire technique ordinaire*³⁰² :

- Il fonctionne comme un **prolongement du geste** (pivot) ;
- Il est **secret** : on ne sait pas réellement comment il marche, c'est un **inconnu technique**. Sujet à des réparations à répétition et pourtant toujours en panne ou mal réglé, il possède presque les attributs d'un objet **irréparable**.
- Il est à la fois **silencieux** et génère des **stimulus pour la perception sensorielle**, c'est au moins l'objectif des constructeurs et un critère de vente³⁰³, la réalité est tout autre pour le sas étudié. Un bip normalement, face au silence du fonctionnement, informe de l'ouverture et la fermeture des portes.

³⁰¹ Ces seuils d'inconfort sont extrêmement pris en compte par les constructeurs (Documentation Portalp Agence S.A.) cf. : <http://www.portalp.com>.

³⁰² Selon les critères donnés par Chalas Yves, Sansot Pierre, Torgue Henri (1984). *L'imaginaire technique ordinaire*. Grenoble : Cresson, CNRS Science-Technique-Société, ESU.

³⁰³ La société Portalp Agence S.A. met par exemple en avant dans ses fiches que : "un soin particulier est apporté au silence du mécanisme en mouvement, en collaboration avec un bureau d'études expert en acoustique".

Annexe 6 : Ambiances sonores, définitions de quelques effets sonores

"L'effet sonore ne peut se réduire ni à une donnée exclusivement objective, ni à une donnée subjective. Il est précisément le produit d'une rencontre, d'une correspondance, d'une interaction entre le paysage sonore physique, "objectif", le paysage sonore d'une communauté culturelle et celui propre à chaque individu. Susceptible de description précise soit du point de vue acoustique, soit du point de vue du milieu construit, soit du point de vue de la psychologie de l'écoute, l'effet sonore peut tout d'abord servir à décloisonner les champs de connaissances sur le son et les pratiques sonores. Il peut également être particulièrement utile comme aide à la mesure, comme descripteur de situations sonores complexes, comme outil de représentation, d'intervention ou comme outil pédagogique. Le répertoire des effets sonores regroupe les descriptions et les analyses de plus de quatre-vingt effets sonores et précisent leurs corrélations. Il est une contribution majeure à l'élaboration d'un véritable instrumentarium adapté à l'écoute de l'environnement." in **Augoyard** Jean-François, **Torgue** Henry, et alii (1995). *À l'écoute de l'environnement - Répertoire des effets sonores*, Marseille : Éd. Parenthèses.

Cet outil proposé par Jean-François Augoyard a été ensuite développé par l'ensemble des chercheurs du Cresson dans l'ouvrage précédemment cité. On trouve pour chaque effet sonore majeur deux types de définitions. Il y a tout d'abord une définition dite "courte" qui est suivie d'une explication plus longue dite "encyclopédique". Cette dernière décline l'effet selon 6 registres : acoustique physique et appliquée, psychologie et physiologie de la perception, architecture et urbanisme, sociologie et culture du quotidien, esthétique musicale, expressions scripturaires et médiatiques.

Nous présentons ci-dessous les définitions "courtes" des effets qui sont le plus utilisés dans ce document.

ANAMNÈSE

Effet de réminiscence : un signal ou un contexte sonore provoque chez un auditeur le retour à la conscience d'une situation ou d'une atmosphère passée. Effet de sens, l'effet d'anamnèse caractérise le

déclenchement, le plus souvent involontaire, de la mémoire par l'écoute et le pouvoir d'évocation des sons. (p. 21)

L'effet d'anamnèse recouvre des durées très différentes qui ne changent pas sa nature profonde : il peut se repérer aussi bien à l'échelle d'une vie lorsqu'un refrain évoque soudain un souvenir d'enfance, que dans le rappel d'un passé très proche, à l'échelle de la durée d'un film par exemple qui jouera sur l'évocation sonore d'une situation auparavant exposée. Toutefois, plus la référence est lointaine et inattendue, plus l'émotion peut submerger l'auditeur. (p. 21 - rédigé par Henry Torgue)

ASYNDÈTE

Suppression de la perception ou du souvenir d'un ou plusieurs éléments sonores dans un ensemble audible. Les enquêtes suivant de près les conduites sonores quotidiennes montrent que la quantité de sons "oubliés" ou non-entendus est extrêmement importante. Complémentaire de l'effet de synecdoque, l'effet d'asyndète permet la valorisation d'une partie de l'environnement sonore en évacuant de la conscience les éléments inutiles. (p. 27)

ATTRACTION

Effet phonotropique par lequel, de manière incontrôlée ou consciente, un phénomène sonore attire et polarise l'attention. L'amplitude de cet effet peut aller de la captation passagère de l'intérêt jusqu'à la mobilisation complète de tout le comportement. Dans les rues très fréquentées, les chanteurs ou groupes musicaux ont pour objectif de focaliser pour un temps l'attention des passants. Chacune de ces situations sonores n'exerce toutefois un pouvoir d'attraction qu'en rupture avec le brouhaha ambiant. Lorsque les champs acoustiques des différents musiciens se chevauchent, il n'y a plus l'effet d'émergence nécessaire. Une sirène d'alarme, qui se manifeste dans le seul domaine sonore et dont on ne visualise pas la source, illustre bien la dualité attraction / répulsion qui caractérise l'émergence de certains événements sonores. (p. 28)

CRÉNEAU

Occurrence d'une émission sonore au moment où le contexte est le plus favorable et ménage une place particulièrement adaptée à son expression. Les créneaux peuvent opérer sur chaque composante du son: intensité, hauteur, timbre, rythme. Cet effet, croisant un message sonore et son contexte, est l'un des instruments-clés de l'action sonore. Le contexte est à envisager ici selon ses deux dimensions : spatiale et temporelle. Le contexte local recouvre des opportunités liées à la configuration des lieux. Par exemple, dans la plupart des stations du métro parisien, la forme elliptique de la voûte permet à deux interlocuteurs situés aux deux foyers de cette ellipse (c'est-à-dire de part et d'autre des voies) de se comprendre parfaitement dans le brouhaha ambiant. Le contexte événementiel recouvre les opportunités liées au moment, à la temporalité de l'occurrence. Par exemple, dans une rue à forte circulation automobile, un passant profitera d'un moment de calme relatif du flot des véhicules, pour héler quelqu'un sur le trottoir d'en face. (p. 46 rédigé par Jean-Jacques Delétré)

CRESCENDO

Effet produit par une augmentation progressive de l'intensité d'un son. Cet effet, bien connu et faisant l'objet d'une notation spécifique en musique, est fréquemment repérable dans les contextes les plus divers : rapprochement d'une source sonore, accélération d'un véhicule, démarrage d'une machine, montée d'une rumeur etc. (p. 51)

DECRESCENDO

Effet produit par une diminution progressive de l'intensité sonore. Indiquée spécifiquement en musique pour accompagner la fin d'un mouvement, la décroissance du son se repère aussi dans de très divers contextes, qu'elle soit due à un éloignement de la source ou à l'arrêt d'une machine par exemple. (p. 52)

DOPPLER

Relevé d'abord sur le son puis sur la lumière par le physicien Christian-Johann Doppler (1803-1853), l'effet Doppler-Fizeau définit une anamorphose relative du signal d'origine. Cette modification perceptive est due à une relation de déplacement entre la source sonore et son point d'écoute provoquant soit la compression, soit l'élongation de l'onde. Un signal sonore qui s'approche est perçu de façon plus aiguë qu'il n'est émis à la source ; et plus grave lorsqu'il s'éloigne. Ce phénomène provient de la superposition de la vitesse propre de propagation du son à la vitesse de déplacement de la source. Lorsqu'elles vont dans le même sens, les deux vitesses s'ajoutent et la fréquence perçue augmente. Dans le cas contraire, la fréquence perçue diminue. Lors d'un brusque changement du sens de déplacement de la source par rapport à l'écouter, cet effet s'accompagne d'un effet complémentaire de rapprochement-éloignement. (p. 55)

ÉMERGENCE

Effet générique regroupant la totalité des occurrences sonores qui apparaissent nettement dans un contexte donné. Très souvent couplée avec un autre effet, l'émergence ne concerne pas seulement l'irruption d'un son fort dans un contexte de plus faible intensité ; elle caractérise aussi l'apparition de sons différents par leurs hauteurs, leurs timbres ou leurs rythmes. C'est plus l'affirmation d'un nouveau son qui marque la singularité de cet effet que ses modalités d'apparition, celles-ci relevant plutôt des effets avec lesquels il se conjugue. (p. 56)

ENCHAÎNEMENT

Effet de réactions en chaîne. Un événement sonore provoque une réponse sonore qui en entraîne une autre, et ainsi de suite. Ces inductions successives réglées consciemment ou inconsciemment peuvent aboutir à un phénomène d'escalade sonore. Les situations de foule sont propices à l'apparition de cet effet ; ainsi, les applaudissements après un spectacle peuvent-ils être lancés par un petit noyau de gens, voire un seul spectateur, et entraîner progressivement la masse globale du public jusqu'à une manifestation dont la force dépasse largement la somme des satisfactions individuelles. Le rôle de la "claque" semble parfois bien utile pour déclencher le mouvement et maintenir la pression pendant une durée qui paraisse décente. [57]

FONDU-ENCHAÎNÉ

Alors que l'effet de coupure décrit le passage brusque d'un état sonore à un autre, le fondu enchaîné s'applique à la transition progressive entre les deux, en croisant la décroissance du premier et l'apparition croissante du second. Par exemple, la traversée d'une place de taille moyenne illustre cet effet entre les reflets sonores d'une rue ou d'une façade dont on s'éloigne et ceux vers lesquels on se dirige.

IRRUPTION

Événement sonore imprévu modifiant le climat du moment et le comportement de manière caractérisée. L'effet d'irruption est au temps ce que l'effet d'intrusion est à l'espace. Par exemple, malgré la généralisation de son usage, la sonnerie du téléphone demeure pour beaucoup de personnes un événement sonore agressif, moins par son timbre qui a su s'adoucir, que par son caractère imprévu et impérieux: non seulement, un appel interrompt l'état présent mais il dicte un nouveau comportement pendant un temps donné. (p. 77)

MASQUE

Présence d'un son qui, par son niveau ou la répartition de ses fréquences, recouvre complètement ou partiellement un autre son. Facile à mettre en évidence sur le plan acoustique, cet effet inclut une correspondance subjective au plan psychophysiologique : le son masquant sera jugé parasite ou, inversement, comme favorable, selon que le son masqué était agréable ou désagréable à l'auditeur. (p. 78 - rédigé par Jean-Jacques Delétré)

MÉTABOLE

Effet perceptif sonore décrivant les relations instables et métaphoriques entre les éléments composant un ensemble sonore. Figure classique de la rhétorique, la métabole caractérise l'instabilité dans le rapport structural qui lie les parties d'un ensemble, et donc, la possibilité de commuter dans n'importe quel ordre les composants élémentaires d'une totalité, la faisant percevoir comme étant en perpétuelle transition. En grec ancien, le mot *metabolos* signifie ce qui est changeant, quelque chose qui est en métamorphose. Ici, le changement considéré affecte le rapport des éléments qui composent l'environnement sonore, celui-ci pouvant se définir comme l'addition et la superposition de sources multiples entendues simultanément. (p. 86)

L'effet de métabole comporte deux critères fondamentaux :

- celui de l'instabilité de la structure perçue dans le temps ;
- celui de la distinctibilité des parties ou de l'ensemble dans une composition sonore donnée. (p. 86)

Dès qu'un sujet est en situation de perception réelle, il sélectionne ses figures ; ce sont les sons auxquels il portera attention. C'est un processus de synecdoque (prendre la partie pour le tout) qui semble alors être en action. Il existe pourtant des situations sonores créatrices d'effet de métabole, lorsque tout se fond, lorsque, d'un ensemble composite, n'émerge pas plus un son qu'un autre. De telles situations engendrent l'instabilité perceptive entre figure et fond. (p. 87)

Outre cette relativité existant entre figure et fond sonore, on peut comprendre l'effet de métabole par le phénomène qui consiste à ne pouvoir distinguer clairement les sons les uns des autres, à les percevoir plutôt comme un tout. (p. 88) [...] L'écoute "ordinaire" tend parfois à être métabolique. L'absence de toute intention perceptive favorise alors l'envahissement de l'oreille par l'ensemble des sons sans préférence. (p. 88 - rédigé par Grégoire Chelkoff)

RÉPULSION

Effet psychomoteur par lequel de manière incontrôlée ou consciente, un phénomène sonore provoque une attitude de rejet, ainsi que des conduites de fuite esquissées ou réelles. Les exemples en sont nombreux dans le monde humain ou animal : froissement du papier d'aluminium pour un chat et crissement aigus pour l'homme (craie sur l'ardoise, pointe de métal sur une surface dure). (p. 110)

RÉVERBÉRATION

Effet de propagation par lequel les sons perdurent après l'arrêt de l'émission. Au signal direct, s'ajoutent les réflexions du son contre les surfaces de l'espace environnant. Plus les réflexions conservent longtemps leur énergie, plus le temps de réverbération est long. Dans le langage courant, la réverbération est souvent désignée sous l'appellation d'"effet cathédrale" ou, par extension, d'écho. (p. 120 - rédigé par Jean-Pierre Odion)

SUSPENSION

Effet de composition sémantique caractérisé par le sentiment d'incomplétude de la séquence sonore entendue : le son est comme suspendu et en attente d'une suite. Il laisse l'auditeur dans l'incertitude, l'indécision ou l'impuissance. (p. 133)

SYNECDOQUE

Pour l'auditeur d'une ambiance sonore complexe, l'effet de synecdoque est la faculté d'opérer une sélection valorisant l'un et l'autre élément. Fondamentale, l'écoute sélective traverse la globalité des conduites sonores quotidiennes. Elle s'effectue soit par simple vigilance acoustique, soit par détermination d'un critère fonctionnel prédominant, soit par adhésion à un schéma culturel établissant une hiérarchie. (p. 134)

L'effet de synecdoque est complémentaire de l'effet d'asyndète qui constitue une condition nécessaire à son existence : la valorisation de certains sons nécessite le gommage partiel ou absolu des autres. Ces deux effets qui ont trait à l'organisation perceptive, sont à la base de toute interprétation de l'environnement sonore, à savoir la possibilité d'un écart entre le son physique de référence et l'"entendu" concret. En ce sens, ils fondent la notion même d'effet sonore. (p. 134)

L'effet de synecdoque se distingue bien de la notion d'émergence qui renvoie avant tout aux phénomènes physiques (en terme de rapport signal / bruit) en excluant l'activité de l'auditeur. (p. 135)

Par ailleurs, l'effet de synecdoque renvoie directement à la perception du temps en instaurant de la continuité dans notre vécu quotidien. En soulignant la permanence de certains sons ou en jouant sur leur importance au niveau de la mémoire, cet effet structure notre appréhension du temps ; il nous introduit à l'expérience de la durée en organisant la perception sonore. Parallèlement, les sons valorisés varient au cours du temps et se succèdent. Le passage de la valorisation d'un son à celle d'un autre produit de la discontinuité dans le vécu individuel.

L'effet de synecdoque participe à notre perception du temps à partir du couple continuité / discontinuité. Les deux pôles s'actualisent dans cet effet. (p. 135 - rédigé par Jean-Paul Thibaud)

VAGUE

Effet de composition décrivant un son ou un groupe de sons que l'on entend suivant une courbe d'intensité, dont la forme est analogue à celle de la vague et de son ressac : crescendo, point maximal, rupture du son rapide ou progressive, et decrescendo. Ces cycles, espacés par des intervalles métronomiquement assez longs (plusieurs secondes), se succèdent selon une fréquence régulière ou variable.

Composé de divers effets élémentaires (phase, filtrage), l'effet de vague, que l'on pourrait également nommer effet de ressac, relève d'une métaphore aquatique très explicite dans son image de référence. Le son s'intensifie progressivement, déferle, puis se suspend, donnant l'impression d'un quasi-arrêt et recommence alors son cycle. (p. 158 rédigé par Henry Torgue)

Annexe 7 : Ambiances sonores, deux retranscriptions en exemple

Voici 2 retranscriptions en exemple sur le parcours du quartier du Port au Blé à Rezé.



Figure 104 : Quartier du Port au Blé - Rezé - Parcours

Lundi 17 mars 1997

Début : 19h15, Fin : 19h50

Durée : 35 mn

Météo : Il fait un peu froid, temps gris.

Observations : Dame (prénom : Martine), 40 ans. Très bonne connaissance du lieu. Habite depuis sept années le quartier. Travaille quelques heures par semaine depuis trois mois à la boulangerie " Aux délices du château ".

/1 : Carrefour automobile

Martine : alors, je démarre, je suis au Laboratoire Médical, donc heu..... j'entends mes pas.... j'entends, heu..... c'est marrant, on dirait un bruit de vagues..... des voitures..... encore.... voitures qui passent sur passage piéton..... il est lourd, oui, c'est lourd à deux mains....

Enquêteur : oui, comme ça, à deux mains (en parlant du micro et de la perche).

Martine : alors, il n'y a pas de voiture, c'est calme, j'entends mes pas..... je m'engage dans le rond-point.... voiture dans le rond-point, ça fait du bruit de vagues..... voiture à l'arrêt qui démarre..... voiture qui redémarre à mes pieds..... j'entends toujours mes pas. Je le signale toujours ?

E. : oui, parce que, oui, par contre vous pouvez dire heu quel son ça fait. Est-ce que ça fait des SCHRRRR SHRRRR ou est-ce que ça fait des sons.....

Martine : ah, ça fait des, des claquements, des claquements avec, avec le sable qui crépite sous mes pieds j'entends..... les voitures qui passent sur les rails de chemin de fer (en fait du tramway), une espèce de bruit de TTTTTRRRLLLL je sais pas quoi....

E. : C'est exactement ça.

/2 : Place du marché

Martine : alors là on longe la ligne de tramway..... toujours mes pieds qui claquent et le train qui arrive (en fait le tramway) voilà.... il ralentit.... WHZZZZ, un espèce de sifflement..... voilà, il siffle encore. Il s'arrête..... Je suis toujours le long de la ligne de tram..... j'entends moins les voitures..... le tram redémarre, ça me siffle un peu dans les oreilles, j'entends les voitures qui passent sur les passages, ça fait..... comment définir le bruit des voitures qui passent sur un passage piéton ? (tentative d'onomatopée un peu inaudible)..... beaucoup de voitures, et ça fait toujours le même bruit, VRRROUM VRRROUM..... on traverse la.... la ligne de tram.... mes pas claquent, mes chaussures claquent toujours.... CLAC CLAC..... VRRROUM les voitures toujours.... une moto..... je m'éloigne de la ligne de tram et je m'éloigne de la route..... j'entends des oiseaux !..... il y a un peu d'arbres autour de nous.... je traverse la place du marché..... j'entends le tram derrière moi.... un autre.... le bruit est plus calme.... la clochette du tram..... VRRRUMMM il redémarre.... je l'entends très fort..... toujours sur la place du marché....

/3 : Passage puis pont

On se dirige heu.... vers..... une ligne de chemin de fer..... avec une route qui va passer au-dessus.... toujours le bruit du tram intense derrière moi.... le sifflement... ça fait sifflement oui..... ça crépite sous mes pas parce qu'il y a du sable sur le goudron.... une espèce de petit chemin piétonnier, pas piétonnier, heu.... enfin si goudronné, piétonnier.... avec du sable... SHRAAA SHRRRIII SHRRRIIIT SHRRRIIIT ça fait SCHRIIIT SCHRRRIIIT sous mes pieds..... ça c'est le bruit de mes pas (en rapprochant le micro du sol) (rires).... voilà, on arrive au bord de.... de la rue Julien Marchais et on va traverser le pont qui enjambe la ligne de chemin de fer..... donc pas de train bien sûr, c'est calme..... j'entends quand même un bruit de fond qui est... qui est le tram... qui est les voitures.....

/4 : Traversée du "village"

Là on s'engage dans un petit chemin goudronné avec du sable aussi.....ça crépite toujours sous mes pas SCHRIIT SCHRRRIIT..... vous entendez les petits oiseaux ? CUI CUI, il y a un petit peu de verdure, il y a des jardins autour de nous..... toujours nos pas alors là vous entendez, moi j'entends les oiseaux.... j'entends..... un bruit de fond, c'est indéfinissable, je ne peux pas l'imiter, c'est..... comme des trains au loin..... là on est dans un, dans un tout petit chemin étroit goudronné avec des jardins, heu, particuliers à côté, un mur, sur ma droite..... la ligne de chemin de fer en contrebas..... et le bruit des voitures au fond VVVRRR VVVRRR le bruit de fond.....

Une habitante : bonjour monsieur, ça va depuis l'autre jour ?

Martine : bonsoir madame

Une habitante : Alors vous êtes toujours au travail ?

E. : bonsoir madame

Une habitante : ça continue (rires)...

Martine : ah mais je vois que monsieur est connu !

Une habitante : oh bien oui, il est passé, ça fait combien de temps deux ou trois jours ? Avec l'autre monsieur sinon... [inaudible]

Martine : bonne soirée madame.

Une habitante : merci vous aussi.

Martine : ça c'était le petit entracte avec la mamie dans son jardin..... qui a l'air de connaître mon guide..... et le monsieur est dans son poulailler (rire)

(Le chien aboie à notre passage)

Martine : ah, je viens d'entendre le chien...

Un habitant : [inaudible]

Martine : alors là on parle avec le monsieur qui est en bordure de la ligne de chemin de fer et on vient d'entendre son chien aboyer

Un habitant : je viens de donner à manger à mon chien dans le creux de ma main, autrement il [inaudible].....

Martine : ah, voilà, le chien mange..... votre chien mange dans le creux de votre main ? Sinon il ne mange pas ?

Un habitant : [inaudible]..... caprice.

Martine : oh ça,..... ah oui c'est un caprice à mon avis.....

(Rires des deux personnes)

E. : oui, on continue, bonsoir.

Un habitant : alors vous faites tout le tour....

Martine : au revoir.

(Le chien aboie)

Martine : alors voilà, le chien, il nous dit au revoir. Bon..... on longe toujours ce petit chemin..... j'entends comme un bruit de vagues, c'est marrant cette espèce de VRRRUMM, cette espèce de ressac qu'on entend, alors qu'on n'est pas à la mer du tout. Là on est sur un chemin de terre.... on se croirait à la campagne d'un seul coup..... parce que derrière moi, je n'ai.... derrière moi, j'ai la ville... et là j'ai l'impression de rentrer à la campagne.... parce que je ne vois ni la ligne de chemin de fer, Ni les voitures..... on entend que nos pas..... je me suis arrêtée parce qu'en fait on entend les oiseaux et je voulais capter ça en fait.... mais il y a toujours ce bruit de fond comme si c'était la mer au loin..... on reprend une petite route qui est goudronnée avec des graviers... donc on entend toujours.... (micro dirigé vers le sol).... voilà.... les graviers sous les chaussures..... là ! (reconnaissance immédiate) Je viens d'entendre la cloche du tram, J'oriente mon micro à droite en fait vers la ligne de tram et je l'ai bien entendu... sans regarder..... je mets le micro droit devant..... et j'ai toujours ce bruit de fond..... là je n'ai pas de bruits particuliers en fait qui viennent troubler..... cet espace, heu... un peu de verdure..... comme si on était à la campagne..... j'entends des voix et je vois personne... comme si des gens parlaient, comme si des enfants jouaient dans une cour..... là, c'est une fenêtre ouverte, je viens d'entendre la, la télévision, ou la radio.....

/5 : Rue Julien Marché

Là je m'approche, on s'approche de, d'une rue..... voilà, ça c'est une voiture (elle attend que la voiture soit passée pour parler) qui vient de descendre la rue doucement parce qu'il y a un pont avant..... je descends moi-même cette rue..... et je vais traverser la rue.... là vous entendez une voiture qui monte, auto-école..... et ça c'est les voitures qui redescendent... un bruit de diesel.... trois voitures.... le VRRRRMMMM on entend que ça en fait..... voilà, ça s'éloigne....

/6 : Rue Émile Zola

Alors je suis dans une rue un peu moins fréquentée..... et qui est la rue Emile Zola..... j'entends des volets qui se ferment, je vois rien, j'entends des volets... voilà, une voiture derrière moi, je me retourne..... un diesel VRRROOOUM, un bruit infernal, encore une voiture.... qui me couvre tous les autres bruits en fait.... là c'est quoi [?]..... un véhicule utilitaire.... suivi d'une voiture. Là c'est le crépitement de nos pieds passent [?] sur des cailloux.... et là il y a plein de voitures à l'arrêt qui manœuvrent.... qui couvrent tout le reste..... et là ça passe plus près de moi, parce que c'est une rue étroite.... une 2 chevaux, vous avez reconnu la 2 chevaux ?..... Quand les voitures s'éloignent on retrouve nos pas, on re-entend nos pas... les oiseaux !..... des gens qui parlent, j'entends des gens qui parlent que je ne vois pas..... voilà, j'entends des gens.... qui parlent.... ça vient.... je ne sais pas d'où ça vient.... je sais pas d'où ça vient !..... voilà, c'est très clair.... j'entends des enfants, on longe un immeuble.... on longe un immeuble de quatre cinq étages... six étages..... et les enfants sont dehors, je les vois pas..... SHRRITCH SHRRITCH, c'est nos pas.... voilà, les enfants sont à ma droite... eu dessus d'une heu... d'une petite dune d'herbes en fait, au pied des immeubles..... les enfants jouent crient.... voilà on les entend bien.... on entend toujours les oiseaux.... c'est un quartier verdoyant, c'est un quartier où il y a quand même des arbres.....

Un enfant : oh y a un micro !

Martine : voilà les enfants m'ont vu. Ça les.... ça les intéresse... ah on a vu le micro... ah ouais, reportage en direct..... Est-ce qu'on entend quelque chose là ? Rien. (Micro au dessus d'une plaque d'égout)... C'est une bouche d'égout. Un camion..... qui sort des immeubles..... qui est passé sur des graviers..... et ça a fait un bruit de craquement, de crépitement..... j'entends un train ?.... j'entends un train !... C'est un train ?.... C'est un avion !!!.... Martine, c'est un avion.... c'est un avion..... un avion qui passe haut, très haut parce que je ne le vois pas.... une voiture.... une voiture encore... qui s'éloigne..... ça y est je vois l'avion au loin... il tourne pour atterrir..... là c'était un vélo, un VTT.... j'entends toujours ce VRRR, ce grondement d'avion.... là vous avez un petit cours d'eau, on traverse un petit cours d'eau... je vous dis pas la couleur de l'eau, mais c'est de l'eau..... GLOU GLOU GLOU (le micro est descendu au niveau de l'eau sous le pont).... alors c'est un tout petit cours d'eau, l'eau à mon avis n'est pas potable du tout.... je continue..... toujours ce bruit de fond... je signale toujours ce bruit de fond ?..... toujours ce bruit de fond qui est certainement du... parce que je m'oriente directement face à elle, à la quatre voies... qui est à ma droite, à droite de la rue Emile Zola..... là une voiture arrive sur moi... voilà... ah le bruit... ça c'est le bruit que je fais sur du sable, c'est en travaux, sur le trottoir..... ce bruit très fort, c'est.... toujours cette route, cette, cette quatre voies qui résonne (prononcé avec insistance et prolongation : rrréssonne)..... un bruit constant..... le VRRRUMMM d'une voiture qui ralentit, encore une voiture..... là je viens de passer sur une plaque d'égout et mon pied a traîné... sur la plaque..... on est toujours rue Emile Zola, une voiture roule vite... une autre l'a croisé plus doucement.... je vais pas imiter les bruits de la voiture à chaque fois (rires)..... il y a pas mal de petits travaux et le bruit de nos pas change.... alors là, Je traverse.... un craquement, je viens d'entendre un craquement : un portail... est-ce que vous entendez les oiseaux, moi je les entends bien (arrêt pour entendre les oiseaux)..... il y a les oiseaux qui dominent et au fond ce... ce bruit.... incessant.

/7 : Rue du Port au blé

Alors nous rentrons dans la rue, rue du Port au Blé... toujours des voitures qui viennent de passer rue Emile Zola..... sur cette rue, c'est un peu plus calme, parce que c'est un axe moins fréquenté..... une petite rue... le bruit des oiseaux domine..... toujours ce bruit de vagues au fond j'entends..... une voiture vient de passer rue Emile Zola, mais on l'entend moins..... un vélomoteur doit passer dans la rue certainement parce que je l'entends..... on passe devant une école, l'école du Port au Blé, donc à cette heure-ci il est 19h30 alors évidemment c'est calme, J'entends que mes pas dans le... le casque..... vraiment c'est plus calme, hein, mon sentiment dans cette rue, c'est..... c'est plus agréable.... une voiture vient de s'engager dans la rue..... voilà (elle vient de passer)..... je viens de faire un tour sur moi-même et j'entends toujours les oiseaux, et toujours ce bruit de fond.... le bruit des voitures..... qui doivent passer dans la rue Emile Zola.....

/8 : Chemin puis stade

Alors là je m'engage.... dans un petite heu impasse..... j'ai l'impression que ce bruit de fond est plus fort maintenant.... parce que c'est plus... il y a moins... c'est plus libre en face de moi... il y a plus de verdure..... c'est plus aéré (prononcé avec de l'espace entre les lettres : a é r é), donc les bruits sont moins étouffés... un chien..... les oiseaux toujours..... des enfants, des enfants ou des gens qui parlent, non, des enfants..... toujours des.... le bruit d'une voiture qui vient de passer..... mes pas claquent parce que c'est bitumé.... oui, Voilà, des enfants qui jouent quelque part..... qui parlent, j'ai l'impression qu'ils sont tout près..... là je m'engage dans un... dans une heu... dans un endroit qui n'est pas fréquenté par des voitures, qui peut être fréquenté que par des enfants à pieds, c'est goudronné, il y a un peu de pelouse, effectivement les enfants étaient là... à droite..... j'ai entendu " encore ", ils nous connaissent ? (rires) d'accord...

Un enfant : qu'est-ce que vous venez faire ?

Un autre enfant : écouter les sons de la rue.

Martine : voilà... ils ont un peu compris les enfants, je les ai bien entendu là.

Un enfant : et écouter les oiseaux.

Martine : voilà... j'entends les oiseaux et j'entends les enfants... j'entends aussi ce bruit de la ville là..... le tram... un chien..... c'est toujours bitumé, c'est toujours du goudron par terre.... nos pieds claquent.... les oiseaux, c'est incroyable, c'est très fort... on se rapproche de la ligne de chemin de fer..... j'entends comme si c'était le bruit d'un... d'un train sur des rails... mais je ne sais pas ce que c'est..... bon alors on vient de me dire que c'est un cul-de-sac, On retourne..... toujours les enfants évidemment..... et là ça fait du bien parce que.... on se sent... on n'entend moins les bruits de la ville, moins le bruit des voitures, heu le ronronnement (prononcé en faisant rouler les r) de la ville ici et pourtant on est à deux pas..... j'entends comme des ronronnements des.... pas ronronnement c'est..... des choses qui passent très vite, je peux pas.... le tram s'arrête, je l'entends..... des motos, j'entends un bus ? Non..... le moteur..... d'une moto plutôt..... CUI CUI toujours les oiseaux.... la nuit tombe..... ce qui est assez fascinant c'est qu'on entend tout le temps le... le bruit de fond, cet espèce de ressac comme si on était à la mer et on ne voyait pas la mer..... c'est un bruit constant en fait, même si heu.... d'autres bruits viennent se greffer dessus.... c'est... voilà... le, le, comme des freins, je pense que c'est le tram que j'ai entendu.....

/7 : rue du port au Blé

On se rapproche d'une voie, d'une route.... j'entends des voitures qui passent..... toujours nos pieds qui claquent, on est sur un trottoir, toujours sur la rue du Port au Blé, là... et on s'approche.... là une voiture qui prend un virage.... voilà.... et une autre qui arrive derrière moi... qui s'engage dans le virage, voilà... alors là on va s'approcher de la rue... du passage à niveau..... vélomoteur..... voiture, vélomoteur en même temps..... alors là ce sont des vélomoteurs, des jeunes.... qui accélèrent qui ralentissent, qui passent devant, Qui sont passés sur le passage à niveau.... voilà qui redémarrent, ah ça, ça fait un bruit infernal.... voiture..... toujours des voitures, je traverse le passage à niveau..... des vélomoteurs viennent de démarrer, je traverse le passage à niveau, les voitures sont... rue.... rue....

/9 : Rue Victor Hugo

Je sais plus c'est rue Victor Hugo ça ? Donc là je me rapproche de plus en plus de cet axe qui est un axe important..... voilà une voiture à l'arrêt qui démarre au stop, voilà..... et là je me.... je suis toujours... alors là je m'engage donc on a bien dit dans la rue Emile Zola ?

E. : Victor Hugo.

Martine : heu oui Victor Hugo, excusez-moi, Victor Hugo, voilà... alors là c'est très passager en fait hein ? Je traverse la rue, sans me faire écraser parce que ça roule vite ici... voilà..... alors là ça n'arrête pas, le bruit des voitures domine, je n'entends plus rien d'autre... si les oiseaux là ! Ça c'est un chien qui passe, CLIC CLIC, ses ongles sur le goudron (le micro est mis au niveau du sol)..... alors là vous avez les oiseaux..... que j'entends... et maintenant qu'il n'y a plus de voitures, je, je, je j'entends ce ronronnement que j'avais tout à l'heure.... là toujours des voitures qui arrivent..... toujours une voiture... une autre qui la croise, deux.... trois voitures... une moto, non un scooter, enfin [inaudible]... des voitures, des voitures..... toujours voitures..... là tout est mélangé, j'entends un peu les oiseaux, j'entends un peu les voitures..... beaucoup les voitures là !..... ah ben une voiture de flics qui roule à toute allure ah ben bien..... je passe auprès d'un chantier.... rien de spécial.... ça crépite sous les pas parce qu'il y a du sable.... une voiture vient de s'engager là, quelqu'un vient de claquer une portière..... toujours une voiture..... toujours des voitures..... je passe devant un chantier..... toujours le ronronnement des voitures..... une voiture qui démarre..... le tram... qui démarre... VROUUMM... voilà.... les voitures qui... s'arrêtent au feu..... là je... on se rapproche de la ligne de tram... on revient pratiquement au point de départ.... toujours boulevard Victor Hugo ou rue Victor Hugo..... là les voitures viennent de passer le passage..... voilà les rails, elles viennent de franchir les rails, le CLAC CLAC CLAC CLAC.....

/1 : Carrefour automobile

Toujours ce bruit de fond plus calme..... je traverse la ligne de.... les rails..... voilà, ça c'est des voitures qui viennent de passer les rails.... ça claque très fort..... là ce n'est plus du bitume, c'est, ce n'est pas goudronné le trottoir, ce sont des tout petits pavés, ça claque différemment..... je passe devant la Caisse d'Épargne, j'arrive au rond-point là..... d'où on est parti tout à l'heure..... j'entends des cris, des gens, des jeunes... qui sont en fait à ma droite là..... des diesels... des voitures dans le rond-point... VRRAOUM bruit sonore..... ah deux petites minettes qui papotent..... toujours ce bruit fort dans le rond-point hein...on s'éloigne des filles..... ça y est.... super..... oh ça demande un peu de concentration quand même non ? Oh....

Jeudi 13 mars 1997

Début : 15h00, Fin : 15H40

Durée : 40 mn

Météo : Beau temps, léger vent.

Observations : Jeune fille, 30 ans, prénom Valérie. Elle habite dans une maison du quartier pavillonnaire, depuis environ quinze années.

/1 : Carrefour automobile

Valérie : Donc là c'est Alors là on pouvait rien dire tellement on n'entend rien.....

Enquêteur : En fait, il faut le suivre mais pas forcément très près. Et si vous avez besoin de me parler, vous me parlez. Sinon.

Valérie : Euh (rires).

E : Décrivez ce que vous entendez. Énumérez dans un premier temps.

Valérie : Déjà le choc de d'entendre aussi fort quoi C'est vrai que la démultiplication du bruit gêne un petit peu au départ. On a l'impression d'être projeté dans un ... en fait, les bruits dérangent nettement quoi. Ces voitures, ces circulations. En plus on est encaissé entre deux rues. On arrive sur une place où ça tourne beaucoup. Et alors là. [Inaudible]J'arrive pas à ...(en parlant d'une difficulté pour tenir le micro)....Là c'est une banque qui vient de se refermer, avec un passant qui sort et on a un petit peu de mal à le distinguer dans... parmi toutes ces voitures. Oh, c'est, c'est carrément stressant. C'est stressant dans..... ça pourrait se calmer. J'attends ça avec impatience. Parce qu'en fait le bruit des voitures masque absolument tout autre bruit possible. Je vois le tramway que je n'entends même pas. Et donc là on arrive au tramway, sur la Place du 8 Mai...

/2 : Place du marché

On va traverser.... Bon, ben la sonne on y échappe pas. La sonnette. Mais c'est. Ce qui est plutôt bien en fait parce que le tramway produit des bruits qui ne me dérangent pas trop, et il se fait bien signaler quoi. En plus, comme il y en a pas souvent, les bruits sont moins dérangeants..... Oh la la (rires).

E : C'est très bien. C'est...

Valérie : Euh.....

E : Essayez de voir tous les petits sons, les

Valérie :Je n'arrive pas à mettre de mots. Je n'arrive pas à mettre de mots sur quelque conversation qu'on entend.

E : Bon, ben, quelque conversation qu'on entend, une voiture qui vient...

Valérie : Le long de la voie du tramway et effectivement il y a des gens qui s'arrêtent, qui parlent euh, qui attendent le prochain..... Un re-tramway (rires). Je vous ai dit qu'il n'y en a pas beaucoup, mais en fait il y en a des deux côtés. Et, je suis perdue (rires).

E : Inventoriez. Inventoriez ce que vous entendez. Là on a entendu quelque chose.

Valérie : Donc là on est devant un commerce de fleurs..... (rires).

E : Une cloche de tramway, une dame qui dit merci, une caisse enregistreuse.

Valérie : Des papiers de fleurs..... Donc là, c'est plutôt le grondement maintenant, le grondement du tram qui s'éloigne. Avec le vrombissement d'une moto. Ça c'est vrai que les, c'est, c'est..... Les PSCHIIIT des camions qui passent.....Ah la la, on sait même pas ce que c'est ça. Ça pourrait être une moto, ou une voiture qui démarre. Non.....Là c'est le vent dans les cheveux et les vêtements. On a l'impression de l'entendre même... Là je crois que ça va faire du bien de quitter cet environnement un peu stressant. On va quitter la place du marché. Avec probablement le dernier DING DING du tram, il va le faire.... Non. Donc un parking, des voitures qui démarrent... C'est.....(rires), la radio dans la voiture, ça change.

/3 : Passage puis pont

Là je suis sûre qu'on entend le vent. Le pas qui, le sable qui crisse sous les pas. Ouais.....C'est ça.

E : Oui, vous continuez c'est tout simple.

Valérie : Oui, là on se fait surprendre. Quand un chien aboie, c'est jamais très gentiment et c'est jamais des petits jappements. Ouais. Ça fait.... Donc des gens qui se baladent, qui comment un petit peu le, l'activité puisqu'en fait on passe sur les rails du train et apparemment euh..... ah ben oui, ça c'était un cyclo affolé et en colère, et d'ailleurs qui ne s'arrête plus. Il nous offre un.

/4 : Traversée du "village"

Le chien s'y met dès qu'il y a un.....Mais il va se taire. C'est pas possible c'est vrai que. Si les chiens pouvaient parler notre langue ça. Ah non c'est pas possible. Chuuut, chuuut, chuuut. Ça c'est infernal parce qu'on peut rien faire et c'est toute la journée et ...bon. Ici là, ce qui est super agréable là, c'est, dès qu'on marche sur des feuilles ou sur des, ça craque. Là c'est en passant près des herbes, on s'accroche un petit peu dedans et ... Là on a changé carrément de ... de registre. Ce sont des bruits soyeux, doux, c'est vrai qu'on se laisse un petit peu ... D'ailleurs on dit plus rien on écoute. Et là on est plus sensible aux oiseaux aussi. Alors au loin, il y a toujours le grondement des voitures qui passent et c'est vrai que là, la nature est plus présente, et c'est, enfin surtout les oiseaux et les chiens. Là on est donc de l'autre côté du tram et on l'entend bien donc toujours. Ah, une mobylette. ... Ah, c'est juste à cet endroit-là donc, au bout, qu'on entend nettement des enfants qui jouent. Plusieurs enfants. ... Heureux, ils crient leur joie, ils ont gagné. Ouais, en plus on a presque l'impression d'être dans la cour de l'école, on les voit presque jouer. Ah ça c'est génial. Donc là c'est la cour de récréation qui domine nettement, avec les oiseaux depuis un moment. Les bruits de la rue sont devenus nettement plus diffus, nettement plus loin, c'est vague et on ... Et à la limite, quand on entend un petit aboiement au loin, c'est vrai qu'on l'entend presque avec plaisir. Mais c'est qu'à un moment on va être proche de lui et qu'on va déranger. ... Là un petit quartier calme. Maisons les unes dans les autres. On est dans le milieu du chemin du bois Coquelin. C'est donc là un quartier clairement paisible. Euh. ... On entend tout autour la circulation en fait, ça vient de droite de gauche. Mais, c'est pas très beau d'ailleurs. ... Alors là je vais passer devant la. Bonjour, bonjour. Donc, là c'est le voisinage qui s'inquiète, c'est normal. Parce que mine de rien on fait du bruit. (Alors on a le droit ça sort des maisons) ... Ah là j'ai eu droit à un insecte mais si c'est une guêpe je cours. Là c'est paisible parce qu'il n'y a pas de voitures qui passent parce que autrement c'est une ...

/5 : Rue Julien Marché

Donc on prend la rue Julien Marché.... Et là directement quand on arrive en haut de la rue, on a le, la, la deux voies qui sont très passantes. Euh..... Donc là on oublie carrément tous les bruits de la circulation de l'autre côté, celle qu'on a dans le dos..... On a toujours des bavardages qui s'échappent des fenêtres. On sait pas d'où ça vient.....

/6 : Rue Émile Zola

Alors c'est. Alors sur le parking des grands immeubles verts, oh, des gens qui discutent..... Ah, tous les oiseaux sont rigolos à écouter quoi. Il y en a qui nous surprennent mais c'est jamais agressif..... Contrairement à ce qu'on pourrait penser, quand on voit un immeuble comme ça on a toujours l'impression que ça va piailler de tous les côtés, et en fait c'est calme comme euh..... Ouais..... C'est.....Euh.....(rires)... Ah ça c'est quoi. C'est un pigeon qui roucoule au début du printemps..... Les voitures là, alors là on va distinguer, normalement, assez nettement, puisqu'on voit faire et on a entendu un petit peu un monsieur qui refait son mur, et là ça gratte en douceur. C'est du travail de finition donc ça va..... (rires).... En bruit de fond on dirait une machine, quelque chose qui arrive... en bruit de fond continu on arrive sur, sur quelque chose qu'on a du mal à identifier, ça ressemble à, à des instruments de travaux, à des.... ouais, en plus quand on voit un chantier comme ça on serait tenté de le dire mais ça ne semble pas venir du chantier. Ah d'accord. Oui, là on a la bête. C'est une grosse grue, enfin, une pelleteuse..... On va y avoir droit pendant un moment en plus.....Ah.....Ah ouais. Les travaux c'est terrible parce qu'en fait, il y a toujours, les travaux changent de place, et en fait, on ne fait jamais cinq cents

mètres sans avoir la paix avec euh... Mais enfin là ça va, c'est mieux que le marteau piqueur..... Ben alors là, plus rien. Il y a un vélo qui passe que je n'entendrai jamais..... Là on arrive au cœur du problème..... Une moto, pressée d'échapper à tout ça..... Donc là on va repasser avec les bruits dans le dos qu'on avait tout à l'heure.... Et ben oui, ça travaille fort dans le quartier. Là ça gratte par terre également, on met de beaux pavés..... P'tite mobylette...avec deux chiens qui crient pas. Dès qu'on sort les chiens c'est bon....

/7 : rue du port au Blé

En tournant l'angle de la rue du Port au Blé, on sent qu'on va échapper à tout ça..... [inaudible]... C'est fini pour les travaux. Là, on redécouvre les voix des enfants qu'on devait entendre tout à l'heure..... Hop on se retrouve dans la cour de récréation. Ah sans les voir ce qui est rigolo.... Et dès qu'il y a des cris, dès qu'il y a la vie c'est vrai qu'on, ça apaise un petit peu. On sent que c'est en ébullition quelque part.....ça rend la rue paisible.....Un vélo...(rires).Perdue par la provenance de, et c'est vrai que quelque fois on cherche d'où viennent les bruits, on entend des choses qu'on ne voit pas du tout et on les cherche absolument, et tant qu'on a pas trouvé la réponse... on est insatisfait, on a envie de savoir ce que c'est. Là c'est un petit motoculteur.....(rires). Avé l'accent.....

/8 :Chemin puis stade

On s'est encore rapproché de la cour. On a vu un peu les enfants, donc on ne s'est pas trompé.....Un chien au loin...Et c'est vrai que dès qu'un bruit devient un peu dominant, on a tendance à oublier un peu le reste sauf ceux qui dénotent franchement..... Là c'est le.....Ouais, d'accord.....Donc là, il y a même le ballon qui rebondit.....Des histoires de petites filles... Là c'est la cour des grands..... Un petit peu moins aigu, les cris sont moins perçants.....C'est agréable quand on passe, c'est vrai que. Avec tous les jours à côté les, en fait êtres confrontés tous les, tous les instants aux mêmes bruits, soit ils passent (rires), enfin bref.....Donc là on est arrivé sur le terrain de jeux...On retrouve les oiseaux.....Là, entre le.....

/7 : rue du port au Blé

Donc là, la rue est beaucoup moins dominante. On a souvent deux bruits dominants en fait qui nous font oublier le reste. Enfin non (rires).....Mince.....Là on passe en chemin inverse, on va....

E : Il faut redire la même chose. Si tel son est entendu encore et toujours, il faut pouvoir parler encore et toujours. Même si c'est juste une énumération. Là par exemple il vient de se passer quelque chose.

Valérie : Oui, c'est vraiment dur d'être. On entend frapper sans savoir d'où ça vient. On entend frapper en tout cas. Là, on tombe sur un scooter.....Qu'est ce que j'entends.....Je suis désolée.....Là on est déjà à cent mètres de l'école, et c'est plus qu'un fond sonore.....

E : Là on entend quoi ? On entend...

Valérie : C'est vrai que dans le fond il y a.....Mais on ne peut pas tout le temps dire “ là on entend ”, on peut pas.

E : Là on entend surtout les oiseaux.

Valérie : Ah, quand on a épuisé un sujet, c'est dur d'y revenir.

E : Oui, mais ils s'entendent de plusieurs endroits.

Valérie : Donc là on va retourner aux oiseaux. On se demande où ils sont parce qu'il y a beaucoup moins d'arbres et ça porte pourtant bien. Donc là on va retomber sur la voie ferrée..... Avec toujours les petits oiseaux qui piaillent en fond sonore.....CUICUI CUICUI.

/9 : Rue Victor Hugo

Là évidemment, une voiture toujours des voitures.....C'est.....Donc là, à l'angle de la rue Marie Curie. On se retrouve avec des murs de chaque côté, donc à chaque voiture qu'on va, qui arrive d'ailleurs, on..., les murs résonnent de tous les côtés. C'est.....qui démarre...

E : Enumérez.

Valérie : Une voiture qui passe, deux voitures qui passent.

E : Là on n'entend pas les gens marcher ?

Valérie : Non. Ah, j'entends les pas bien sûr. Les pas qui crissent sur le sable. C'est vrai que.... C'était une voiture. Encore une voiture.....Là on se retrouve au pied du groupe d'immeubles où on a réussi à entendre deux, trois oiseaux, mais il a fallu vraiment les chercher, parce que ça.....C'est un chantier où on entend des choses tomber.....Scooter. là il y a une poussette mais on l'entendra pas....Le bruit de la rue couvre totalement les bruits qu'on imagine du chantier... Hop, là c'est un engin.....Là c'est des... je sais pas. D'accord, donc là on rentre dans un chantier. C'est des instruments. C'est des hommes qui transbahutent des choses qui tombent.....On arrive à la hauteur du tram. [Inaudible]. Là des pas... Le bruit est un peu décuplé au niveau du passage du tramway sur les rails. Ça fait un. Un bruit plus sourd.....

/1 : Carrefour automobile

Un camion.....Donc là sur la place. Là c'est un bus qui passe.....Une voiture qui klaxonne au loin. Pas si loin que ça d'ailleurs.....

Annexe 8 : Ambiances sonores, extraits de l'analyse sur deux zones

Zone 1 : Carrefour automobiles

<i>Parcours</i>	<i>Ouïr</i> (Fond sonore)	<i>Entendre</i> (Ambiance sonore)	<i>Écouter</i> (Signaux sonore)	<i>Sons liés au participant</i>	<i>Qualification générale</i>
P1 12/03/97 21h00	- Y a un bruit de fond continu. En fait, on arrive au parking. - J'entends quasiment que la circulation.	- J'entends la voiture qui arrive devant moi..... - Il y a vraiment beaucoup de monde au parking. Au rond-point (rires). - Les voitures s'arrêtent aux feux, ou qui accélèrent au rond-point... Y a plus de voitures, c'est beaucoup plus calme d'un seul coup. - Une voiture au rond-point. Qui change de vitesse...	- En fait, elle change de vitesse au parking. Elle change de vitesse au rond-point. Ça fait deux voitures qui passent au rond-point, on a un peu l'impression que, il y a une espèce de passage en roue libre ou presque, où le moteur est en changement de vitesse... Ah, là, c'est une camionnette, on entend ses freins. - Les voitures qui traversent le, le passage du tramway, fait un son euh, enfin, elles coupent les quatre rails du tramway, et on entend ce, ces quatre coups. À chaque fois que la voiture traverse, là y en a une... voilà, c'est presque à retardement. - Un scooter... Le scooter on l'entend vraiment moins sur le passage du tramway, mais les voitures ça c'est vraiment euh, très caractéristique encore. (Rires)...		
P2 13/03/97 15h00	- Oh, c'est, c'est carrément stressant. C'est stressant dans..... ça pourrait se calmer. J'attends ça avec impatience. Parce qu'en fait le bruit des voitures masque absolument tout autre bruit possible. Je vois le tramway que je n'entends même pas.	- En fait, les bruits dérangent nettement quoi. Ces voitures, ces circulations. En plus on est encaissé entre deux rues. - Un camion.....Donc là sur la place. Là c'est un bus qui passe.....	- Là c'est une banque qui vient de se refermer, avec un passant qui sort et on a un petit peu de mal à le distinguer dans... parmi toutes ces voitures. - Une voiture qui klaxonne au loin. Pas si loin que ça d'ailleurs.....		- Donc là c'est Alors là on pouvait rien dire tellement on entend rien.....
P3 14/03/97 10h00	- Circulation, accélération, décélération..... - Voiture, voiture, voiture.	- Les voitures passent. - Ralentissement des moteurs pour laisser passer quelqu'un. - Un T.A.N. (bus) passe. - Une mobylette va démarrer. Une mobylette passe. BBRAAMM. - Accélération des voitures... Une voiture monte.	- Frein à main. - TACATAC sur le passage du tram, à cause des rails.		- À part la circulation, rien d'autre.
P4 14/03/97 14h00	- D'accord, donc là je suis au rond-point juste après le panneau..... au niveau de la banque.... du vent...	- j'entends le camion qui bouge devant moi... - une voiture qui démarre..... - Bon là j'entends bien le bruit des voitures... accélération	- des pneus sur le sol..... - klaxon..... - des pneus sur les rails de tramway.... - un chien... (il re-aboie) ouais un	- J'entends nos pas par terre..... - plaque d'égout sous mes pieds, que j'ai	- J'entends beaucoup de voitures, un bruit surprenant..... surprenant en densité et en intensité quand...

Parcours	Ouïr (Fond sonore)	Entendre (Ambiance sonore)	Écouter (Signaux sonore)	Sons liés au participant	Qualification générale
	<p>dans les oreilles.....</p> <p>- Un environnement qui a un petit peu grossi encore une fois...</p> <p>- On arrive au rond-point, on va couper le rond-point... beaucoup de voitures....</p>	<p>désaccélération... le cyclo., mais je ne l'ai pas vraiment entendu, on entend plus d'oiseau du tout.....</p>	<p>chien...</p> <p>- une mobylette derrière nous qui c'est... (elle vrombit) Whaou, ça tue les oreille ça !..... Hou la la malheur, et voilà, c'était une mobylette...., c'était Jacky sur sa mobylette.....</p>	<p>entendu.....</p>	<p>quand les voitures passent très près.... un tout petit peu disproportionné par rapport à la réalité, pour l'instant j'entends que des voitures.....</p> <p>- en fait il y a une sensation de proximité... très forte..... parfois c'est très surprenant des voitures qui arrivent derrière que l'on avait pas vu, elles semblaient très proche.....</p> <p>- un trafic très dense, même très surprenant en fait...</p> <p>- ça fait un peu peur, on a l'impression que les voitures arrivent toutes vers nous, ça fait [inaudible].....</p>
<p>P5 15/03/97 14h30</p>	<p>- heu... le roulement de voitures... sans cesse de voitures... c'est ce qui me paraît le plus fort.</p> <p>- mais le... j'entends surtout les voitures qui sont, qui sont à l'arrêt là.....</p>	<p>- Alors là, j'entends des bruits de, des bruits de mobylette... encore un bruit de mobylette, très désagréable...</p> <p>- Là j'entends le tramway qui passe.....</p> <p>- heu j'entends les voitures qui redémarrent après l'arrêt du tramway.....</p> <p>- J'entends le... oui, le... légèrement le tramway</p> <p>- voilà... des voitures, heu qui arrivent, heu par derrière..... un scooter..... une espèce de scooter...</p> <p>- ça c'est le passage du... de l'autobus..... voilà, bruit d'une voiture qui passe..... redémarrage des voitures.....</p> <p>- là, heu oui, le roulement, le roulement lent des voitures qui, qui arrivent au rond-point.....</p>	<p>- une voiture encore plus agréable (ironie), le pot d'échappement peut-être..... un bruit heu... ben de roulement</p> <p>- j'entends des, j'entends des personnes qui parlent, des voix de personnes...</p> <p>- le redémarrage des voitures, après le feu rouge.....</p> <p>- voilà, voiture avec remorque, et les rebonds de la remorque sur les rails... nous sommes sur les rails du tramway..... oui, on entend le bruit différent quand les voitures passent sur les rails du tramway...</p> <p>- oui, donc le départ du tramway, sa cloche et son démarrage..... des cris d'enfants !... de jeunes</p> <p>- heu, j'entends le... freinage d'un bus, j'ai entendu le freinage d'un bus... le grincement des pneus.... [inaudible], bruit très fort</p>		
<p>P6 15/03/97 17h00</p>	<p>- Alors à cet endroit-ci ça fait plutôt penser à... au flux et au reflux de la mer..... plus des bimoteurs, enfin des espèces de... d'aéroplanes.....</p> <p>- mais sinon, ça fait toujours l'impression de flux et de reflux.... comme il y a beaucoup de voitures qui passent... ouf, là ça se calme un peu, merci.....</p> <p>- toujours la marée montante et descendante des bagnoles.....</p>	<p>- Alors là c'est un rond-point..... qui est déjà effrayant à traverser d'habitude, mais là avec le bruit, c'est encore pire.....</p>	<p>- ah ! J'entends une voix d'enfant, je ne sais pas d'où elle vient ?.....</p> <p>- Alors j'ai regardé autour, mais je ne vois pas d'enfant, je ne sais pas d'où est venue cette voix..... ah là j'ai encore entendu autre chose, une voix, mais je ne sais pas d'où elle venait..... ah c'est bizarre parce qu'on dirait que les voix viennent de... le micro est orienté en face et on dirait qu'il y a des, ça prend des voix qui viennent de l'arrière gauche...</p> <p>- Oui, mais j'ai l'impression que c'est passé parce que c'était une voix aiguë, ou alors, c'est moi qui entend plus les aigus.....</p> <p>- ah là j'ai entendu des voix d'hommes comme si elles avaient rebondi sur le bitume et elles étaient venues... dans le micro qui est tout près.....</p> <p>- Là le bruit que l'on entend et bien ce sont les pneus sur les rails, le rythme que ça fait... ah ! des voix, je ne sais pas d'où elles viennent ?.....</p>	<p>- ah on n'entend le bruit des pas..... le gravier....</p> <p>- alors je ne sais pas si ce sont les pas de Nicolas ou les miens qui font le plus de bruit, mais... ah, les pas de Nicolas oui, ça fait du bien ça, j'amène le micro près de ses pieds.... ah ça c'est extraordinaire !... ah oui, à la fois [?] un film de science-fiction.....</p>	<p>- je suis assez surpris, parce que j'ai l'impression que... souvent ça va... pêcher des voix qui sont assez loin... je ne sais pas si je les aurais entendu..... bon, ben si jamais il y a un grand bruit à l'instant c'est qu'on se prend un tram dans le dos, parce que... on est au raz de la voie....</p>

Parcours	Ouïr (Fond sonore)	Entendre (Ambiance sonore)	Écouter (Signaux sonore)	Sons liés au participant	Qualification générale
			ah oui, en face..... une voix de dame, très aiguë..... un diesel.....		
P7 17/03/97 19h15	- beaucoup de voitures, et ça fait toujours le même bruit, VRRROUM VRRROUM..... - VRRROUM les voitures toujours.....	- et le train qui arrive (en fait le tramway) voilà..... il ralentit..... WHIZZZ, un espèce de sifflement..... voilà, il siffle encore. Il s'arrête..... - une moto..... - VRRRUMMM il redémarre.... (le tram) je l'entends très fort..... toujours sur la place du marché....	- le tram redémarre, ça me siffle un peu dans les oreilles, - j'entends les voitures qui passent sur les passages, ça fait..... comment définir le bruit des voitures qui passent sur un passage piéton ? (tentative d'onomatopée un peu inaudible)..... - je m'éloigne de la ligne de tram et je m'éloigne de la route..... j'entends des oiseaux !..... - la clochette du tram.....	- Alors là on longe la ligne de tramway..... toujours mes pieds qui claquent - on traverse la..... la ligne de tram..... mes pas claquent, mes chaussures claquent toujours.... CLAC CLAC.....	- Je suis toujours le long de la ligne de tram..... j'entends moins les voitures..... - j'entends le tram derrière moi.... un autre.... le bruit est plus calme.... (elle est au milieu de place)
P8 18/03/97 12h50	- Pour le moment, j'entends que le bruit des voitures qui passent. Pour le moment y a rien. - A part ça, tout est calme. Il n'y a rien de spécial. Toujours le bruit des voitures qui passent l'une après l'autre... - Y a toujours les voitures qui passent l'une après l'autre et qui font un bruit bien sûr... - On passe le rond-point Il y a toujours le bruit des voitures, les bruits de motos...	- Voilà une voiture qui passe. Ben, elle fait un bruit ordinaire à n'importe quelle voiture. Une moto. Un peu plus de bruit d'une moto qu'une voiture bien sûr. - Je crois que dans le rond-point il y a plus de bruit, de voitures, que où j'étais auparavant... Oui, il y a plus de bruit de voitures par là..... - Mais je crois que le bruit de voitures, ici, est moins que, la rue où on vient de passer (en revenant par la rue Victor Hugo)			
P9 18/03/97 13h25	- J'entends le bruit de la circulation. - Pour l'instant je n'entends que le bruit des moteurs de voitures. Pas autre chose. - Toujours des voitures... Donc il y a le bruit des voitures qui passent. - Et le bruit est constant ici parce que, il y a constamment une circulation. - Je n'entends que le bruit des voitures, je n'entends rien d'autre. Et il augmente ou diminue suivant que la voiture démarre ou s'arrête.	- Euh... il y a une voiture qui passe là. Là, y a plusieurs voitures qui passent, l'une derrière l'autre. Là; y a plus de voitures. Et puis là, ça recommence. - Là, y a une moto qui passe, une grosse moto qui passe. - Là, il y a une voiture qui s'est arrêtée près de moi... - Maintenant la circulation n'est plus aussi dense donc j'entends moins... - Là, il y a une voiture qui passe, je suis en train de traverser et je laisse passer les voitures donc il y a un bruit quand même assez important. - Là, il y a un fourgon qui démarre. Y a une, un scooter qui passe donc il fait un bruit... infernal. Le scooter s'éloigne et il y a d'autres voitures qui passent, et le bruit s'atténue quand la voiture s'éloigne. - On s'approche du rond-point. Il y a plein de voitures qui passent, avec leur moteur, je les entends très bien. - Là il y a des personnes qui attendent le bus, qui sont en train de parler, mais que je n'entends pas très bien. - Là il y a un bus qui vient de démarrer.		- Ah, ça c'est moi qui aie tapé le micro contre une voiture.	- Donc là, il y a une circulation très dense au niveau d'une voie assez importante. Donc il y a beaucoup de voitures qui passent, une circulation très dense. - - Donc je disais que les bruits étaient constants parce que la circulation est constante. On peut dire continue. C'est toujours les moteurs des voitures, je n'entends que ça, j'entends pas autre chose.
... etc					

Zone 2 : Le long du tramway puis Place du marché

Parcours	Ouïr (Fond sonore)	Entendre (Ambiance sonore)	Écouter (Signaux sonore)	Produire (Sons / participant)	Interpréter (Qual. générale)
P1 12/03/97 21h00	<ul style="list-style-type: none"> - C'est toujours le son des voitures qui sont, qui sont les plus fortes. Il n'y en a pas énormément mais. - Toujours pareil, les voitures. - Mais le flot des voitures devient de plus en plus persistant, important. - Il y a un peu de vent, mais, j'ai pas l'impression de l'entendre. Je le sens surtout..... 	<ul style="list-style-type: none"> - Y a pas de voiture, là c'est calme..... J'en entends une, je crois que c'est une moto qui vient derrière moi. Non, en fait, je sais pas, je la vois pas.... - En sortie de rond-point, les voitures euh, accélèrent pas mal.... - Ah, le tramway qui arrive au loin. Je l'ai pas vraiment entendu, je l'ai vu avant de l'entendre, pourtant mon micro était dirigé en face de lui. - Une voiture qui démarre sur la place du parking. Elle est quasiment seule. Il n'y a personne. 	<ul style="list-style-type: none"> - Toujours les voitures sur le passage du tramway..... - Ah, j'entends de l'eau là, je vais voir.... " Quand la fête est finie, il reste l'éclair du bouquet. " C'est une petite cascade d'eau, qui est euh, sur le long de, du kiosque à fleurs, et de l'eau coule sur de la tôle zinguée et, ça fait deux mètres de haut et ça coule dans la..... ça tombe dans une petite fontaine... - Comparé à Grenoble, il a beaucoup plus un, un son de train. Il a beaucoup plus un son de train..... Il repart.....(en parlant du tram) - J'entends les changements de vitesse d'une voie, d'un minibus.... - Je crois que j'entends du, un son de train, je me rapproche, je suis quasiment au niveau de la voie ferrée, vers le petit passage. Mais non, c'était pas un son de train. Je ne sais pas si un train est passé. - J'entends des pas. C'est ceux de Nicolas devant moi, il est bien à, 30 mètres.... 		
P2 13/03/97 15h00	<ul style="list-style-type: none"> - Là c'est le vent dans les cheveux et les vêtements. On a l'impression de l'entendre même... 	<ul style="list-style-type: none"> - Un re-tramway (rires). Je vous ai dit qu'il n'y en a pas beaucoup, mais en fait il y en a des deux côtés. - Le long de la voie du tramway et effectivement il y a des gens qui s'arrêtent, qui parlent euh, qui attendent le prochain..... - Donc un parking, des voitures qui démarrent..... - Donc là, c'est plutôt le grondement maintenant, le grondement du tram qui s'éloigne. Avec le vrombissement d'une moto. Alala, on sait même pas ce que c'est ça. Ça pourrait être une moto, ou une voiture qui démarre. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bon, ben la sonne on y échappe pas. La sonnette. Ce qui est plutôt bien en fait parce que le tramway produit des bruits qui ne me dérangent pas trop, et il se fait bien signaler quoi - C'est.....(rires), la radio dans la voiture, ça change. - Les PSCHIIIT des camions qui passent..... - Avec probablement le dernier DING DING du tram, il va le faire.... Non. 		<ul style="list-style-type: none"> - Là je crois que ça va faire du bien de quitter cet environnement un peu stressant.
P3 14/03/97 10h00	<ul style="list-style-type: none"> - Petit brouhaha. Mélange. Les gens discutent. - Le long du tram se mélange avec la circulation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Des sacs, les gens se disent " Bonjour " - Zone tram, on se rapproche du tram. Distribution de tracts..... Petites activités sympas. - Peu de bruit de pas en fait, les gens marchent doucement.... - Le tram passe, on retrouve la circulation à nouveau. - Circulation vers l'immeuble blanc à l'angle. - Deux personnes discutent, circulation derrière, ralentissement, 	<ul style="list-style-type: none"> - Un tram, sonnerie au loin. Il vient du pont. - Vélo, sifflet des gens. Vélo, tram. Il ralentit. UUUUUU. Discussion de deux grands-pères, les portes s'ouvrent. On crie. Tee Shirt. Bruits de sac, frottis de plastique. Petits bruits, discussions, sifflets..... - Sac en plastique..... On rend la monnaie. - Barquette en fer..... - Accordéon. - Klaxon. On court et tape des pieds..... On rend la monnaie, des cintres. 	<ul style="list-style-type: none"> - Bruits de pas sur le goudron. - Bonjour (adressé à un marchand) - "Bonjour " du fromager. 	
P4 14/03/97 14h00	<ul style="list-style-type: none"> - je pense... en arrière, en fond j'entends toujours le... le bruit du..... de l'engin qui nettoie la place, 	<ul style="list-style-type: none"> - là j'entends plus distinctement maintenant les engins de nettoyage de la place... ils semblent très près toujours, beaucoup plus qu'ils ne sont en réalité..... - le machin des engins de nettoyage.... un machin [?] derrière moi que je n'avais pas entendu au casque, c'est un engin de nettoyage..... - tramway qui arrive, je le regarde et je l'entends aussi..... ouais, c'est à peu près le bruit de... à peu près ce qu'on entend en fait.... le bruit du tram il est à 	<ul style="list-style-type: none"> - J'avais l'impression d'entendre un tramway, mais non.... les essieux sur le... toujours sur les rails..... - là il y a des voix.... [inaudible] - ça y est j'entends des oiseaux... est-ce que c'est vrai ?.... - alors là je recommence à entendre les oiseaux.... - j'entends les... gens qui parlent derrière, alors que le micro est dirigé vers moi... devant moi..... j'entends maintenant beaucoup plus d'oiseaux, les gens qui marchent devant nous..... 		

Parcours	Ouïr (Fond sonore)	Entendre (Ambiance sonore)	Écouter (Signaux sonore)	Produire (Sons / participant)	Interpréter (Qual. générale)
		peu près fidèle..... - le tramway, ça y est je l'entends, je l'avais vu avant..... le bruit plus sourd (prononcé sssouurd) que ce que j'ai l'habitude d'entendre.....			
P5 15/03/97 14h30		- j'entends des bruits de voix sans reconnaître, sans comprendre les paroles..... - des paroles, - donc là on se trouve sur la place du parking, heu parmi les voitures..... j'en.... j'en... ouais, j'entends les voitures qui passent derrière moi, là la mobylette qui passe, ou plutôt le scooter.....	- j'entends le bruit du papier, d'une dame, donc on passe devant le marchand de fleurs, donc j'entends le bruit du papier quand elle fait son choix de, de bouquet..... - je reconnais les bruits des pas des gens qui passent à côté de moi..... et j'entends toujours ce chuchotement - j'entends un chien.... j'entends un chien aboyer... heu.... voilà.... - j'entends un sifflement..... j'entends le clignotement du tramway.... qui se trouve derrière moi.... j'en..... des bruits qui me paraissent bizarres, ces éclatements-là, je ne sais pas..... - j'en... j'entends le chuchotement, oui, le cri des oiseaux très net là.... je vois l'oiseau d'ailleurs, sur le, la rambarde..... là c'est très net... j'entends derrière le... le tramway, le démarrage du tramway..... il y a les oiseaux.	- j'ai l'impression d'entendre mes pas... oui, j'entends mes pas, actuellement...	
P6 15/03/97 17h00		- alors là, le bruit d'un, d'un bus mais qui était loin, je ne l'aurais certainement pas entendu comme cela..... alors que le micro n'était pas orienté dans sa direction.....	- Ah ! Je perçois pour la première fois le chant des oiseaux.... (il s'arrête pour écouter les oiseaux).... - alors là c'est impressionnant, le chien, je ne sais pas où il est mais... c'est très fort.....		- On traverse..... oui, c'est fatigant le bruit des voitures, vraiment... très fatigant..... - non c'est vraiment très fatigant, il y a trop de bruit, beaucoup de bruit..... - aller, on change... on sent bien le changement d'espace là.... chien, oiseaux et puis les bruits des moteurs s'estompent derrière.....
P7 17/03/97 19h15	- Je suis toujours le long de la ligne de tram..... j'entends moins les voitures..... - Beaucoup de voitures, et ça fait toujours le même bruit, VRRROUM VRRROUM..... - VRRROUM les voitures toujours....	- le train qui arrive (en fait le tramway) voilà.... il ralentit..... WHIZZZZ, une espèce de sifflement..... - voilà, il siffle encore. Il s'arrête..... - le tram redémarre, ça me siffle un peu dans les oreilles - j'entends le tram derrière moi... un autre.... le bruit est plus calme... - VRRRUMMM il redémarre.... je l'entends très fort..... toujours sur la place du marché....	- j'entends les voitures qui passent sur les passages, ça fait..... comment définir le bruit des voitures qui passent sur un passage piéton ? (tentative d'onomatopée un peu inaudible)..... - une moto.... - je m'éloigne de la ligne de tram et je m'éloigne de la route..... j'entends des oiseaux !..... il y a un peu d'arbres autour de nous.... je traverse la place du marché.... - la clochette du tram.....	- toujours mes pieds qui claquent - on traverse là.... la ligne de tram.... mes pas claquent, mes chaussures claquent toujours.... CLAC CLAC.....	
P8 18/03/97 12h50	- Il n'y a que les fluctuations du, euh, du vent..... - Pour le moment j'entends le tramway. Mais un peu plus de loin... Je suis dans le parking de voitures...	- Non, y a rien à part, enfin tout est naturel. Sauf quelques voitures qui passent de temps en temps..... - Et toujours, c'est le même bruit des voitures qui passent de temps en temps. Mais par ici, ils sont un peu plus euh, c'est un peu plus euh, de bruit. Enfin par ici un peu plus de bruit. - J'entends le tramway qui arrive... Ah là, maintenant, j'entends le	- Là je suis devant un parking, et je commence à sentir les euh, les freins un petit peu. - Oui, justement, j'entends les freins de la voiture qui démarre....		- Ben, de ce côté du rond-point, --y a moins de bruits qu'auparavant... Y a un peu plus, euh, de, je sens les vents.... Par ici, c'est le calme presque total. Sauf, un peu du vent.

Parcours	Ouïr (Fond sonore)	Entendre (Ambiance sonore)	Écouter (Signaux sonore)	Produire (Sons / participant)	Interpréter (Qual. générale)
		tramway. J'entends les cloches du tramway. Il passe. Là le bruit commence à s'atténuer de plus en plus.			
P9 18/03/97 13h25	<p>- Là on est en train de longer la ligne du tram, donc on s'éloigne de plus en plus de, de, des voies de circulation. Mais on entend quand même le bruit des voitures au loin...</p> <p>- Il n'a pas encore démarré (le tram). On entend toujours, donc, de l'autre côté, il y a des voitures qui passent, donc on entend toujours le bruit des moteurs.</p> <p>- On entend à côté les voitures euh, les voitures qui passent. Mais le bruit est moins important que celui qui est le long du tram [?].</p> <p>- Donc il y a toujours le bruit de la circulation, qui est atténué par le bruit du tram quand celui-ci passe.</p> <p>- Là, il y a du vent. Donc j'entends le bruit du vent qui m'empêche d'entendre euh, justement les autres bruits alentours..... Là, on entend bien le vent.....</p>	<p>- Donc là, y a une voiture, y a une moto qui passe mais on l'entend pas très bien son bruit car on s'éloigne des voies de circulation.</p> <p>- C'est le tram qui arrive. Là, il passe. C'est le bruit du tram. Il passe, il freine, il s'arrête.</p> <p>- Là, c'est le tram qui passe, donc qui démarre. Et on entend, on entend bien quand même euh, là, c'est le tram qui s'éloigne de plus en plus...</p> <p>- Là il y a un autre tram qui passe, donc on entend..., on est toujours pas très loin de la ligne du tram donc on entend bien le tram qui passe. Il fait un bruit euh, il fait un bruit incroyable.</p> <p>- Donc là, c'est une grosse voiture qui passe...</p>	<p>- Y a la cloche du tram qu'on commence à entendre.</p> <p>- Y a le bruit de la porte du tram et les gens qui montent. Les portes se referment et le tram va démarrer maintenant.</p> <p>- Là, c'est la cloche du tram qui retentit, et qui signale le démarrage du tram.</p> <p>- On entendait bien tout à l'heure, les roues du tram sur les rails.</p>	<p>- Là c'est moi qui ai cogné le micro contre la voiture.</p>	<p>- On est dans un grand parking, où toutes les voitures sont arrêtées, donc on entend plus, on entend plus le bruit de circulation, bon on l'entend très peu parce qu'on est en train de s'éloigner de plus en plus de la voie de circulation et on entend de plus en plus le bruit du vent.....</p>
... etc					

Annexe 9 : Ambiances sonores, CD audio - Fragments sonores

Durée totale CD audio : 5'17" - Jacquette, collaboration Julien Mc Oisans (Cresson)

Partie 1 : Observations <i>in situ</i>					
Quartier du Port au Blé - ville de Rezé					
Réalisation : CRESSON - Auteurs NT [Nicolas Tixier], NB [Nicolas Boyer]					
N°	Durée	Titre	Techniques	Date	Auteurs
01	0'52"	Séquence <i>in situ</i> 1 Passage du rond-point Fragment avec commentaires	DAT - Microphone stéréophonique 120° - dynamique	Jeudi 13 mars 1997 à 15h30	NT - NB
02	1'23"	Séquence <i>in situ</i> 2 Passage du rond-point, puis au long du tram. (jour de marché) Fragment sans commentaire	DAT - Microphone stéréophonique 120° - dynamique	Vendredi 14 mars 1997 à 10h15	NT - NB
03	0'49"	Séquence <i>in situ</i> 3 Place du marché puis éloignement - (jour de marché) Fragment sans commentaire	DAT - Microphone stéréophonique 120° - dynamique	Vendredi 14 mars 1997 à 10h20	NT - NB
04	0'54"	Séquence <i>in situ</i> 4 Zone dite du "village" - (jour de marché) Fragment avec commentaires (niveau sonore faible)	DAT - Microphone stéréophonique 120° - dynamique	Vendredi 14 mars 1997 à 10h30	NT - NB
Partie 2 : Modélisations numériques					
Réalisation : ACROE - Auteurs : AL [Annie Luciani], ES [Ewa Szalek]					
N°	Durée	Titre	Technique	Date	Auteurs
01	0'12"	Séquence numérique 1	Sauvegarde sur CD n° 139 Piste n° 58	2000	AL - ES
02	0'13"	Séquence numérique 2	Sauvegarde sur CD n° 140 Piste n° 36	2000	AL - ES
03	0'13"	Séquence numérique 3	Sauvegarde sur CD n° 140 Piste n° 50	2000	AL - ES
04	0'13"	Séquence numérique 4	Sauvegarde sur CD n° 140 Piste n° 63	2000	AL - ES
05	0'13"	Séquence numérique 5	Sauvegarde sur CD n° 140 Piste n° 64	2000	AL - ES
06	0'11"	Séquence numérique 6	Sauvegarde sur CD n° 140 Piste n° 66	2000	AL - ES

Bibliographie

Ouvrages, rapports et articles

- Amphoux** Pascal (1992). *Aux écoutes de la ville*, Lausanne : Irec / Epfl / Cresson, multig.
- Amphoux** Pascal (1993). *L'identité sonore des villes européennes, guide méthodologique*, Lausanne : Irec / Epfl / Cresson, multig., 2 tomes.
- Amphoux** Pascal (1999). "Vers une conception morphogénétique de la mobilité urbaine", in *European 5, résultats européens*, Paris, pp. 42-52.
- Amphoux** Pascal (2000). "De théories en pratiques. Trois principes d'hybridation pour la ville", in *L'usage du projet*, sous la direction d'Ola Söderström, et alii, Lausanne : Éd. Payot, pp. 39-50.
- Amphoux** Pascal (2000). "Petit manifeste pour une métamorphose de la pédagogie du projet", in *Trames, revue de l'aménagement*, Université de Montréal, Janvier.
- Amphoux** Pascal (2001). "L'observation récurrente", in *L'espace urbain en méthodes*, sous la direction de Michèle Grosjean et de Jean-Paul Thibaud, Marseille : Éd. Parenthèses, pp. 153-169.
- Amphoux** Pascal (2001, à paraître). "Ambiance architecturale et urbaine", in *Dictionnaire de la géographie et des sciences de l'espace social*, sous la direction de J. Lévy et M. Lussault, Paris : Éditions Belin.
- Amphoux** Pascal et alii (1989). *Le bruit, la plainte et le voisin*, Grenoble : Cresson, multig.
- Amphoux** Pascal et alii (1998). *La notion d'ambiance. Une mutation de la pensée urbaine et de la pratique architecturale*, Paris : Éd. Plan Urbanisme Construction Architecture.
- Amphoux** Pascal, **Luciani** Annie, **Thibaud** Jean-Paul, **Tixier** Nicolas (1998). *Effets sensibles en milieu urbain. Analyse in situ et simulation numérique*, rapport ARASSH à 1 an, Cresson - Acroe - Irec, Région Rhône-Alpes.

Amphoux Pascal, **Pillet** Gonzague (1985). *Fragments d'écologie humaine*, Albeuve : Éd. Castella & Bruxelles : Éd. de l'ULB.

Amphoux Pascal, **Pillet** Gonzague, et alii (1981). *Les donneurs de temps*, Albeuve : Éd. Castella.

Amphoux Pascal, **Tixier** Nicolas (à paraître). "L'architecture sous contraintes", in *Colloque international L'écriture à contrainte*, Université Grenoble III - Stendhal, CEDITEL, Grenoble, 25 au 27 mai 2000.

Ardenne Paul, **Beausse** Pascal, **Goumarre** Laurent (1999). *Pratiques contemporaines - L'art comme expérience*, Paris : Éd. Dis Voir.

Arendt Hanna (1961). *La condition de l'homme moderne*, Paris : Éd. Calmann-Levy.

Aristote (1972). *Éthique à Nicomaque*, Paris : Éd. Vrin.

Augoyard Jean-François (1979). *Pas à pas, Essais sur le cheminement quotidien en milieu urbain*, Paris : Éd. du Seuil.

Augoyard Jean-François (1991). "La vue est-elle souveraine dans l'esthétique paysagère ?", in *Le Débat*, Paris, n° 65, pp. 51-59.

Augoyard Jean-François (1995). "L'environnement sensible et les ambiances architecturales", in *L'espace géographique*, n°4, pp. 302-318.

Augoyard Jean-François (1998). "Éléments pour une théorie des ambiances architecturales et urbaines", in *Cahiers de la recherche architecturales et urbaines*, Marseille : Éd. Parenthèses, n° 42-43 "Ambiances architecturales et urbaines", 3^{ème} trimestre, pp. 13-23.

Augoyard Jean-François (2001). "La conduite de récit", in *L'espace urbain en méthodes*, sous la direction de Michèle Grosjean et de Jean-Paul Thibaud, Marseille : Éd. Parenthèses, pp. 173-196.

Augoyard Jean-François (2001). "L'entretien sur écoute réactivée", in *L'espace urbain en méthodes*, sous la direction de Michèle Grosjean et de Jean-Paul Thibaud, Marseille : Éd. Parenthèses, pp. 127-152.

Augoyard Jean-François, **Torgue** Henry, et alii (1995). *À l'écoute de l'environnement - Répertoire des effets sonores*, Marseille : Éd. Parenthèses.

Balez Suzel (2001). *Ambiances olfactives et espace construit*, Thèse de Doctorat, Cresson, École Polytechnique de l'Université de Nantes.

Bandi Srikanth, **Thalmann** Daniel (1998). "The use of Space Discretization for Autonomus Virtual Humans", in *Actes du colloque Agents'98*, Éd. ACM Press, pp. 336-337.

Barbaras Renaud (1994). *La perception, essai sur le sensible*, Paris : Éd. Hatier.

Bardy Benoît, **Bootsma** Reinoud, **Guiard** Yves (sous la direction de) (1995). *Studies in Perception and Action. 8^{ème} conférence internationale sur la perception et l'action*, 9 au 14 juillet 1995 à Marseille, Mahwah : Éd. L.E.A., 4 volumes.

- Bardyn** Jean-Luc (1993). *L'appel du port - Recherche exploratoire pluridisciplinaire sur l'ambiance sonore de 5 ports européens*, Grenoble : Cresson, multig.
- Bateson** Gregory (1977). *Vers une écologie de l'esprit*, Paris : Éd. du Seuil, coll. Points essais.
- Bayle** Christophe (1990). "La fin du Yalta des formes et de la force", in *Urbanisme & Architecture*, n°239, juillet-août, pp. 100-101.
- Benjamin** Walter (1978). *Sens Unique*, Paris : Éd. Les Lettres Nouvelles / Maurice Nadeau.
- Benjamin** Walter (1983). *Essais 2*, Paris : Éd. Denoël, Gonthier.
- Benjamin** Walter (1989). *Paris, capitale du XIX^e siècle, le livre des passages*, Paris : Éd. Cerf.
- Berkel** Ben van, **Bros** Caroline (1999). *Move*, Amsterdam : Éd. UN Studio & Gouse Press.
- Bernard** Maurice, **Roubaud** Jacques (1998). *Quel avenir pour la mémoire ?*, Paris : Éd. Gallimard, coll. Découvertes.
- Blay** Michel (1995). *Les "Principia" de Newton*, Paris : Éd. P.U.F., col. Philosophies.
- Bourriaud** Nicolas (1998). *Esthétique relationnelle*, Dijon : Éd. Les Presses du Réel.
- Boutot** Alain (1993). *L'invention des formes*, Paris : Éd. Odile Jacob.
- Bouvier** Éric (1997). *Application des systèmes de particules à la simulation des mouvements de foule*, Thèse de doctorat de l'Université Paul Sabatier.
- Boyer** Nicolas, **Tixier** Nicolas (1999), "Qualification des sources sonores urbaines. Enquêtes de terrain", sous la direction de Jean-François Augoyard, Cresson, in *Rapport PIR-VILLES* sous la direction de Jean-Pierre Péneau : *Vers un logiciel prédictif des ambiances sonores urbaines*, 38 p.
- Boyer** Nicolas, **Tixier** Nicolas (1999). *Enquête par immersion interactive sur les procédures de maîtrise des ambiances sonores dans le projet architectural*, sous la direction de Augoyard Jean-François, Cresson, multig. (subvention de recherche DGAD/SRAE/95288), 187 p. + Cd-Rom, <http://www.cresson.archi.fr/E2I/Site/Pages/home.htm>
- Bruce** Vicki, **Green** Patrick (1993). *La perception visuelle, physiologie, psychologie et écologie*, Grenoble : Éd. P.U.G.
- Bruter** Claude-Paul (1985). *Topologie et perception. Tome1. Bases mathématiques et philosophiques*, Paris : Éd. Maloine S.A.
- Bruter** Claude-Paul (1996). *Comprendre les mathématiques. Les 10 notions fondamentales*, Paris : Éd. Odile Jacob.
- Buci-Glucksman** Christine (2001). *L'esthétique du temps au Japon - Du zen au virtuel*, Paris : Éd. Galilée.

Buffet Laurent (1999). "Du Relationnel dans l'art : critique et opportunisme", in *Verso, arts et lettres*, n°16, pp. 22-27.

Burke Hubbard Barbara (1995). *Ondes et ondelettes. La saga d'un outil mathématique*, Paris : Éd. Pour la Science.

Cache Bernard (1997). *Terre meuble*, Orléans : Éd. HYX.

Cadoz Claude (1990). "Simuler pour connaître / Connaître pour simuler", in *Modèles physiques, création musicale et ordinateur*, actes du colloque organisé par l'Acroë à Grenoble, Paris : Éd. de la Maison des Sciences de l'Homme, Recherche Musique et Danse, pp. 663-708.

Cadoz Claude (1994). *Les réalités virtuelles*, Paris : Éd. Flammarion - collection Dominos.

Cadoz Claude, Luciani Annie, et alii (1990). *Modèles physiques, création musicale et ordinateur*, actes du colloque organisé par l'Acroë à Grenoble, Paris : Éd. de la Maison des Sciences de l'Homme, Recherche Musique et Danse, n° 13-14-14, 3 tomes.

Cadoz Claude, Luciani Annie, Florens Jean-Loup (1990). "Cordi-Anima : système de modélisation et de simulation d'instruments et d'objets physiques pour la création musicale et l'image animée", in *Modèles physiques, création musicale et ordinateur*, actes du colloque organisé par l'Acroë à Grenoble, Paris : Éd. de la Maison des Sciences de l'Homme, Recherche Musique et Danse..

Casanova Philippe, Buffard François, Caumartin Eric, Page Matthieu (1995). "Etudes par simulation des comportements de mobiles intelligents", in *T.E.C. (Transport Environnement Circulation)*, n°133, pp. 3-8.

Casanova Philippe, Caumartin Eric, Durand Stéphane (1997). "Comportements, flux et trafics : contribution à une nouvelle approche de l'organisation des déplacements et des espaces", Communication in *Congrès international ATEC* du 29/01/1997, 8 p.

Casanova Philippe, Durand Stéphane (1997). *Apport de l'Intelligence Collective et des Systèmes Logiciels Distribués dans la Simulation de Flux de Mobiles*, article distribué à une réunion du PREDIT, 18 décembre 1997, 8 p.

Casati Roberto, Dokic Jérôme (1994). *La philosophie du son*, Nîmes : Éd. Jacqueline Chambon.

Chalas Yves (1995). "Le sentiment d'appartenance", in *Informations sociales*, n° 45.

Chalas Yves (2000). *L'invention de la ville*, Paris : Éd. Economica, collection Ville.

Chalas Yves, Sansot Pierre, Torgue Henri (1984). *L'imaginaire technique ordinaire*, Grenoble : Cresson, CNRS Science-Technique-Société, ESU.

Chelkoff Grégoire et alii (1991). *Bien-être sonore à domicile. Architectures du logement et potentiel de confort sonore*, Grenoble : Cresson, multig.

Collectif (1993). *Enseignement de l'architecture et maîtrise des ambiances - Son - Lumière - Chaleur*, Rencontres pédagogiques, Paris, Ministère de l'Équipement : Éd. Cm3e, 2 tomes.

- Collectif** (1994). *Les sciences de la forme aujourd'hui*, Paris : Éd. du Seuil.
- Cornu Roger** (2000). "L'observateur entre perception et action", in *De la perception à l'action. Contenus perceptifs et perception de l'action*, sous la direction de Pierre Livet, Paris : Éd. Librairie Philosophique J. Vrin, pp. 195-217.
- Couic Marie-Christine** (2000). *La dimension intersensorielle dans la pratique de l'espace urbain*, Thèse de Doctorat, Cresson, École Polytechnique de l'Université de Nantes.
- Daney Serge** (1992). *Persévérance*, Paris : Éd. P.O.L.
- De Certeau Michel** (1990). *L'invention du quotidien. 1 arts de faire*, Paris. Éd. Gallimard, coll.folio essais [1^{ère} édition 1980].
- De Fornel Michel, Ogien Albert, Quéré Louis** (2001) (sous la direction de). *L'ethnométhodologie. Une sociologie radicale. Colloque de Cerisy*. Paris : Éd. La Découverte et Syros.
- Delétré Jean-Jacques** (2001). "Defining an architectural or urban sound environment : the experience of pluridisciplinary approach", La Haye, Pays-Bas : Actes du colloque *Inter.noise 2001*.
- Deleuze Gilles** (1983). *L'image-Mouvement. Cinéma 1*, Paris : Éd. de Minuits.
- Deleuze Gilles** (1988). *Le pli. Leibniz et le baroque*, Paris : Éd. de Minuits.
- Deleuze Gilles** (1990). *Pourparlers. 1972-1990*, Paris : Éd. de Minuit.
- Deleuze Gilles, Parnet Claire** (1996). *Dialogues*, Paris : Éd. Flammarion, coll. Champs.
- Donikian Stéphane** (1999). "Modélisation du conducteur et du piéton en milieu urbain", in *École thématique du CNRS - Modélisation de la ville 2*, Nantes, septembre 1999.
- Donikian Stéphane** (2001). "Towards more realistic Autonomous Agents", Rennes : 8^{ème} séminaire du *groupe de travail Animation et simulation* de l'AFIG et du GDR ALP, 2-3 juillet.
- Dubois Danièle** (sous la direction de) (1997). *Catégorisation et cognition : de la perception au discours*, Paris : Éd. Kimé.
- Duhem Pierre** (1981). *La théorie physique, son objet, sa structure*, Éd. Vrin, [1^{ère} édition 1905].
- Eisenman Peter** (1999). *Diagram Diaries*, Londres : Éd. Thames & Hudson.
- Fourcade Patrick, Luciani Annie, Tixier Nicolas** (2001). "Modeling of sound ambiances : contributions of the physical model", La Haye, Pays-Bas : Actes du colloque *Inter.noise 2001*.
- Franckhauser Pierre** (1994). *La fractalité des structures urbaines*, Paris : Éd. Anthropos.
- Gibson James J.** (1979). *The ecological approach to visual perception*, Boston : Éd. Houghton Mifflin.

- Goffman** Erving (1973). *La mise en scène de la vie quotidienne. 2. Les relations en public*, Paris : Éd. de Minuit & E. Goffman.
- Goubert** Jean-Pierre (1988). *Du luxe au confort*, Paris : Éd. Belin.
- Grafmeyer** Yves (1989). "Chicago (École de)", in *Encyclopaedia universalis*, vol. 5, pp. 456-457.
- Grafmeyer** Yves, **Joseph** Isaac (présentation de) (1990). *L'École de Chicago. Naissance de l'écologie humaine*, Paris : Éd. Aubier, [1^{ère} édition 1979].
- Guattari** Félix (1989). *Cartographies schizoanalytiques*, Paris : Éd. Galilée.
- Guattari** Félix (1989). *Les trois écologies*, Paris : Éd. Galilée.
- Guattari** Félix (1992). *Chaosmose*, Paris : Éd. Galilée.
- Guyon** Étienne (1995). "Modélisation et expérimentation", in *Virtualité et réalité dans les sciences*, sous la direction de Gilles Cohen-Tannoudji, Gif-sur-Yvette : Éd. Frontières & Diderot Éditeur, Arts et sciences, pp. 95-118.
- Hall** Edward T. (1978). *La dimension cachée*, Paris : Éd. Points du Seuil, coll. Essais, [1^{ère} édition 1966].
- Hillier** Bill (1996). *Space is the machine*, Cambridge : Éd. Cambridge University Press.
- Iampolski** Mikhaïl (2001). "La cinéphilie comme esthétique - Notes de lecture sur L'Exercice a été profitable, Monsieur", in *Trafic*, "Serge Daney - après, avec", n° 37, Paris : Éd. P.O.L.
- Incerti** Eric (1996). *Synthèse de sons par modélisation physique de structures vibrantes : application pour la création musicale par ordinateur*, Grenoble : Thèse de l'INPG, Acroec.
- Jolé** Michèle (1992). "Trouver une place, prendre son tour. À Manchester et à Paris" in *Les annales de la recherche urbaine*, décembre - mars, n° 57/58, pp. 82-88.
- Joseph** Isaac (1998). *Erving Goffman et la microsociologie*, Paris : Éd. P.U.F., coll. Philosophies.
- Kahn** Louis (1974). *Questions aux architectes*, entretien avec John W. Cook et Heinrich Klotz, Bruxelles.
- Koolhaas** Rem (1988). "Sur la crête de la vague moderne - Entretien", in *Techniques et Architecture*, n° 380, pp. 76-77.
- Koolhaas** Rem, et alii (2000). *Mutations*, Barcelone & Bordeaux : Éd. Actar & Arc en rêve centre d'architecture.
- Laveaud** Samuel (1998). *L'effet de métabole. Possibilité d'une caractérisation acoustique ?*, Mémoire de maîtrise de Physique et Application, Université Joseph Fourier, Grenoble : Cresson, sous la direction de Jean-Jacques Delétré.

Lavigne Pierre (non daté). *Approche scientifique des structures. Tome 1 - Le cours*. Polycopié de cours, École d'architecture de Grenoble.

Le Corbusier (1994). *Urbanisme*, Paris : Éd. Champs Flammarion, [1^{ère} édition G. Grès et Cie 1925].

Le Dantec Jean-Pierre (1992). *Dédale le héros*, Paris : Éd. Balland.

Lee R.E. John, **Watson** Rodney (1992). "Regards et habitudes des passants. Les arrangements de visibilité de la locomotion" in *Les annales de la recherche urbaine*, décembre - mars, n° 57/58, pp. 101-109.

Lepeltier Thomas (2001). "Les physiciens et l'énigme de la réalité", in *Sciences humaines*, n° 188, pp. 16-20.

Lepetit Bernard, **Pumain** Denise (1998) (sous la direction de). *Temporalités urbaines*, Paris : Éd. Économica, col. Anthropos [1^{ère} édition 1993].

Livet Pierre (1994), *La communauté virtuelle. Action et communication*, Combas : Éd. de l'Éclat.

Livet Pierre (2001), "Dynamiques ethnométhodologiques. De la perception des mouvements à la révision des interprétations", in Fornel De Michel, Ogien Albert, Quéré Louis (sous la direction de). *L'ethnométhodologie. Une sociologie radicale. Colloque de Cerisy*. Paris : Éd. La Découverte et Syros, pp. 421-437.

Livingston Eric (1987). "Pedestrian Traffic Flow", in *Making sense of ethnomethodology*, London : Éd. Toutledge and Kegan Paul, pp. 21-27.

Luciani Annie (1992). "Ordinateur, Images et Mouvements. Apparition de l'instrumentalité dans l'art du mouvement visuel", in *Les Cahiers de l'Ircam*, vol. 2, pp. 175-189.

Luciani Annie (2001). "From granular avalanches to fluid turbulences through oozing pastes. A mesoscopic physically-based particle model", Rennes : 8^{ème} séminaire du *groupe de travail Animation et simulation* de l'AFIG et du GDR ALP, 2-3 juillet.

Luciani Annie, **Tixier** Nicolas (1998). "Effets sensibles en milieu urbain. Analyse *in situ* et expérimentation virtuelle", in *Acoustique & Techniques*, n° 14, pp. 11-15.

Luciani Annie, **Tixier** Nicolas (1998). "Modèle physique et espaces de représentations", in *Actes du colloque Dire, écrire et figurer l'espace*, 4-5 décembre 1998, Tours, 21 p.

Lynn Greg (1999). *Animate form*, New York : Éd. Princeton Architectural Press.

Mach Ernst (1996). *L'analyse des sensations - Le rapport du physique au psychique*, Nîmes : Éd. Jacqueline Chambon, [1^{ère} édition 1922].

Merleau-Ponty Maurice (1964). *Le visible et l'invisible*, Paris : Éd. Gallimard.

Minkowski Eugène (1999). *Traité de psychopathologie*, Éd. Institut Synthélabo, [1^{ère} édition 1966].

Minkowski Eugène (1999). *Vers une cosmologie*, Éd. Petite Bibliothèque Payot, [1^{ère} édition 1936].

Murray Schafer R. (1979). *Le paysage sonore, toute l'histoire de notre environnement sonore à travers les âges*, Paris : Éd. Lattès.

Musse S.R., **Thalmann** Daniel (1997). "A model of Human crowd Behavior : Group Iner-Relationship and Collision Detection Analysis", in *Eurographic Workshop on Animation and Simulation*.

Norman Sally Jane (1997). *Transdisciplinarité et genèse de nouvelles formes artistiques*, Rapport d'étude à la Délégation aux Arts Plastiques, Ministère de la Culture et de la Communication.

O.M.A., **Koolhaas** Rem, **Mau** Bruce (1995). *Small, Medium, Large, Extra-Large*, Rotterdam : 010 Publishers.

Obalk Hector (2000). "Le cliché et l'anecdote". in *L'eau, revue d'art*, n° 3 "Ce sont les pommes qui ont changé".

Odion Jean-Pierre, **Chelkoff** Grégoire (1995). *Testologie architecturale des effets sonores*, Grenoble : Cresson, multig.

Oriol-Boyer Claudette, **Tixier** Nicolas (1998). "Produire avec Perec", in *Le cabinet d'amateur*, Toulouse : Éd. Presses Universitaires du Mirail, n° 7-8, pp. 147-152.

Péneau Jean-Pierre & alii (1998). "Vers un logiciel des ambiances sonores urbaines", in *Acoustique & Techniques*, n°14, juillet, pp. 16-17.

Péneau Jean-Pierre, **Pumain** Denise (sous la direction de) (2002, à paraître). *Modélisation de la ville 2. Acte du colloque Nantes 1999*, Paris : Éd. Anthropos.

Perec Georges (1974). *Espèces d'espaces*, Paris : Éd. Galilée.

Petitot Jean (1985). *Morphogenèse du sens*, Paris : Éd. P.U.F.

Petitot Jean (1994). "La sémiophysique : de la physique qualitative aux sciences cognitives", in *Passion des Formes* (sous la dir. PORTE M), Fontenay-St Cloud : ENS Editions, pp. 499-545.

Picaut Judicaël (1998). *Modélisation des champs diffus par une équation de diffusion - Application à l'acoustique des salles et à l'acoustique urbaine*, Thèse de doctorat de l'Université du Maine.

Picon Antoine (1999). "L'architecture virtuelle. Textures, paysages et cyborgs", in *Parachute*, n° 96, pp. 16-20.

Poincaré Henri (1970). *La valeur de la science*, Paris : Éd. Flammarion, col. Science de la nature, [1^{ère} édition 1905].

Pumain Denise (1996) (sous la direction de). *Données urbaines*, Paris : Éd. Économica, col. Anthropos.

- Pumain** Denise (1998) (sous la direction de). *Données urbaines - Tome 2*, Paris : Éd. Économica, col. Anthropos.
- Pumain** Denise (1998). "Les modèles d'auto-organisation et le changement urbain", in *Cahiers de Géographie du Québec*, Volume 42, n° 117, pp. 349-366.
- Pumain** Denise (2000) (sous la direction de). *Données urbaines - Tome 3*, Paris : Éd. Économica, col. Anthropos.
- Queneau** Raymond (1967). *Courir les rues*, Paris : Éd. Gallimard.
- Quéré** Louis, **Brezger** Dietrich (1992). "L'étrangeté mutuelle des passants. Le mode de coexistence du public urbain" in *Les annales de la recherche urbaine*, décembre - mars, n° 57/58, pp. 89-100.
- Ratouis** Olivier (1995). "Le sens de la marche, dans les pas de Walter Benjamin - Le livre des passages", in *Les annales de la recherche urbaine*, n° 57-58, pp. 70-81.
- Raynaud** Dominique (1998). *L'imagination architecturale*, Marseille : Éd. Parenthèses.
- Remy** Jean, **Voyé** Liliane (1974). "Scénarios de vie urbaine", *dossier A+*, n°12.
- Rinolfi** Sébastien (1999). *Modélisation et visualisation de phénomènes collectifs*, Mémoire de D.E.A. Image-Vision-Robotique, Ensimag, Grenoble : Acroee, sous la direction d'Annie Luciani.
- Risset** Jean-Claude, **Cadoz** Claude, **Luciani** Annie, et alii. (1998), *Rapport de mission Art-Science-Technologie*, Ministère de l'éducation nationale, de la recherche et de la technologie.
- Roads** Curtis (1992). "Initiation à la synthèse par modèle physique", in *Les Cahiers de l'Ircam*, vol. 2, pp. 145-172.
- Romano** Claude (1998). *L'événement et le monde*, Paris : Éd. P.U.F.
- Roubaud** Jacques (2000). *Poésie :*, Paris : Éd. du Seuil.
- Sacks** Harvey (1992). "Lecture 1. Doing "being ordinary"", in *Lectures on conversation*, Oxford : Éd. by Gail Jefferson, Blackwell Publishers, vol. II.
- Sacks** Harvey (1984). "Lecture eleven : on exchanging glances", in *Structures of social action : studies in conversational analysis*. Éd. by J. Heritage and J.-M. Atkinson, Cambridge University Press, pp. 81-94.
- Sansot** Pierre (1986). *Les formes sensibles de la vie sociale*, Paris : Éd. P.U.F.
- Schaeffer** Pierre (1966). *Traité des objets musicaux*, Paris : Éd. du Seuil.
- Schmid** Anne-Françoise (2001). *Henri Poincaré. Les sciences et la philosophie*, Paris : Éd. L'Harmattan.
- Segal** Lynn (1990). *Le rêve de réalité. Heinz von Foerster et le constructivisme*, Paris : Éd. du Seuil, coll. La couleur des idées.

Seminel Nicolas (1998). *Modélisation physique d'une foule*, Mémoire de D.E.A. Image-Vision-Robotique, Ensimag, Grenoble : Acroe, sous la direction d'Annie Luciani.

Serrero Jean-Claude (2001). "Bruits et nuisances sonores d'aujourd'hui, qualité sonore de demain", in *Qu'est-ce que les technologies ? L'université de tous les savoirs*, sous la direction d'Yves Michaud, Paris : Éd. Odile Jacob, volume 5, pp. 543-554.

Siret Daniel (2002, à paraître). "Situation des modélisations de la ville. Analyse d'un échantillon de 64 modèles appliqués au champ urbain". In Péneau Jean-Pierre, Pumain Denise (sous la direction de). *Modélisation de la ville 2. Acte du colloque Nantes 1999*, Paris : Éd. Anthropos.

Stewart Ian (1998). *Dieu joue-t-il aux dés ? Les mathématiques du chaos*, Paris : Éd. Flammarion, [1^{ère} édition 1989].

Straus Erwin (1989). *Du sens des sens*, Grenoble : Éd. Jérôme Millon, [1^{ère} édition 1935].

Swensson Mark (2000). *Physical modeling and visualizations of crowd behavior*, Mémoire de D.E.A. Image-Vision-Robotique, Ensimag, Grenoble : Acroe, sous la direction d'Annie Luciani.

Szendy Pierre (2001). *Écoute. Une histoire de nos oreilles*, Paris : Éd. de Minuit.

Thibaud Jean-Paul (2001). "La méthode des parcours commentés", in *L'espace urbain en méthodes*, sous la direction de Michèle Grosjean et de Jean-Paul Thibaud, Marseille : Éd. Parenthèses, pp. 79-100.

Thibaud Jean-Paul, **Amphoux** Pascal, **Luciani** Annie, **Tixier** Nicolas (1998). *Effets sensibles en milieu urbain. Analyse in situ et simulation numérique*, rapport Arassh à 1 an, Cresson - Acroe - Irec, Région Rhône-Alpes.

Thibaud Jean-Paul, **Boyer** Nicolas, **Tixier** Nicolas, et alii (1998). "Comment observer une ambiance ?", in *Les cahiers de la recherche architecturale et urbaine*, Marseille : Éditions Parenthèses, n°42-43 "Ambiances architecturales et urbaines", pp. 77-90.

Thibaud Jean-Paul, **Tixier** Nicolas (1999). "L'ordinaire du regard", in *Le cabinet d'amateur*, Toulouse : Éd. Presses Universitaires du Mirail, n° 7-8, pp. 51-57 & in (1999) *Parpaings*, Paris : Éditions Jean-Michel Place, #3, pp. 28-29.

Thom René (1991). *Esquisse d'une sémiophysique*, Paris : Éd. InterÉditions, [1988 1^{ère} édition]

Thom René (1994). "Pour une théorie de la morphogenèse", Émile Noël s'entretient avec René Thom, in *Les sciences de la forme aujourd'hui*, Paris : Éd. du Seuil, pp. 177-188.

Thomas Rachel (2000). *Ambiances publiques, mobilité, sociabilité. Approche interdisciplinaire de l'accessibilité piétonnière des villes*, Grenoble : Cresson, Thèse de Doctorat École Polytechnique de l'Université de Nantes, sous la direction de Jean-François Augoyard.

Tixier Nicolas (1997). *Apports de théories morphodynamiques à l'approche des ambiances construites*, Grenoble : mémoire de D.E.A. Ambiances architecturales et urbaines, sous la direction de Pascal Amphoux, Isitem / Cresson.

Tixier Nicolas (1998). "Parcours de lecture de la place Sainte-Claire", in Lucci Vincent (dir.). *Des écrits dans la ville. Sociolinguistique d'écrits urbains : l'exemple de Grenoble*. Paris : Éd. L'Harmattan, pp. 267-301.

Tixier Nicolas (2000). "Toward a characterisation of the sound environment : the method of *qualified listening in motion*", in *Actes Inter.noise 2000*, Nice.

Tixier Nicolas (2001). "Street listening", *Actes du colloque Sound Practice*, Devon, Angleterre.

Tixier Nicolas (2001). "Street listening", in Järviluoma Helmi (dir.) *Soundscape Studies and Methods*, Université de Turku, Finlande, (sous presse).

Tixier Nicolas, **Blanc-Keller** Chantal (1998). "La notion d'ambiance : États des lieux et mouvances. Enquête bibliographique", in *La notion d'ambiance. Une mutation de la pensée urbaine et de la pratique architecturale*, Pascal Amphoux (dir.), Paris : Éd. Plan Urbanisme Construction Architecture, pp. 113-167.

Tixier Nicolas, **Luciani** Annie, **Rinolfi** Sébastien (2000). "Conduites en milieu urbain : analyse *in situ* et expérimentation virtuelle", in *actes du colloque interdisciplinaire : Représentation[s]*, Poitiers : Éd. Maison des sciences de l'homme et de la société, pp. 351-359.

Winkin Yves (1981). *La nouvelle communication*, (Textes recueillis et présentés par), Paris : Éd. Points du Seuil, coll. Essais.

Wolff Isabel (1999). *Les tribulations de Tiffany Trott*, Paris : Éd. Jean-Claude Lattès - Pocket, traduit de l'anglais par Denyse Beaulieu, [1^{ère} édition 1998 - Harper Collins Publishers].

Xenakis Iannis (1992). *Formalized Music - Thought and Mathematics in music*, New-York : Pendragon revised edition.

Younes Chris, **Paquot** Thierry (sous la direction de) (2000). *Éthique, architecture, urbain*, Paris : Éd. La Découverte & Syros.

Younes Chris, **Queysanne** Bruno et alii (1986). "L'architecture espace du temps ", in *Vers une architecture appropriée*, Colloque de 1987, École d'Architecture de Clermont-Ferrand, n° 2.

Younes Chris, **Queysanne** Bruno, **Sansot** Pierre, et alii (1986). "L'architecture entre nos sens et le sens", in *Vers une architecture appropriée*, Colloque de 1984, École d'Architecture de Clermont-Ferrand, n° 1.

Dictionnaires

Dictionnaire de Philosophie (1995). Paris : Éd. Armand Colin, Baraquin Noëlla, Baudart Anne, Dygué Jean, Laffite Jacqueline, Ribes François, Wilfert Joël.

Dictionnaire des mathématiques (1983). Paris : Éd. P.U.F., Bouvier A. et Georges M., sous la direction de François le Lyonnais, [2^{ème} édition].

Dictionnaire étymologique de la langue française (1975). Paris : Éd. Des Presses Universitaires de France, sous la direction de O. Bloch et de W. von Wartburg.

Le Robert - Dictionnaire de la langue française (1985). Paris : Éd. Dictionnaires le Robert.

Le Robert, Dictionnaire historique de la langue française (1995) Sous la direction d'Alain Rey, Paris : Éd Dictionnaires le Robert.

Nouveau Petit Robert (1996). Paris : Éd. Dictionnaires le Robert.

Sites Internet (<http://>)

www.cresson.archi.fr

Laboratoire Cresson

www-acroe.imag.fr

Laboratoire Acroe & ICA

interact.uoregon.edu/MediaLit/WFAEHomePage

World Forum for Acoustic Ecology

ligwww.epfl.ch

Computer Graphics Lab - Epfl

www.6villages.tpu.fi

Paysages sonores : 6 villages / Finlande

www.archicool.fr

Revue de presse architecturale

www.ArSciMed.com

Logiciel Kinema / Way

www.cerma.archi.fr

Laboratoire Cerma

www.chariho.k12.ri.us/curriculum/MISmart/ocean/sandintr.html

Sables sonores

www.education.gouv.fr/rapport/risset/default.htm

Rapport Art - Science - Technologie

www.enib.fr

Laboratoire Li2 - Brest

www.imagnet.fr/deleuze

Conférences de Gilles Deleuze

www.irisa.fr/siames

Irisa / Enria - Rennes

www.irit.fr

Institut de Recherche en Inf. de Toulouse

www.isc.cnrs.fr	Institut des Sciences Cognitives Lyon I
www.lam.jussieu.fr	Laboratoire d'Acoustique Musicale
www.philocours.com	Cours de philosophie [espace, esthétique]
www.portalp.com	Portalp - fabricant de portes automatiques
www-artweb.univ-paris8.fr/ati/accueilati.htm	Art et Technologie de l'Image

Films & disques

Amphoux Pascal (1994). *Parcs et promenade pour habiter. Douze monographies lausannoises*, IREC / EPFL, Lausanne, Tome 2 : cassette vidéo, Recherche IREC n°121.

Amphoux Pascal (1997). *Paysage sonore urbain. Introduction aux écoutes de la ville*, CD audio, 72 minutes, Lausanne : Irec / Epfl, Grenoble : Cresson.

Chion Michel (1995). *Gloria*, mini-CD audio Metamkine, Cinéma pour l'oreille.

Delage Bernard et collaborateurs (1996). *Monographie et méthodologie expérimentale de diagnostic sonore d'un quartier urbain : Belleville, Paris, 20^{ème}*, Vidéo (VHS), 62 minutes, Paris, Commande du Ministère de l'Environnement, DRAEI.

Dutilleux Henri (1964). *Métaboles*, Orchestre National de l'ORTF, dir. Ch. Münch (enr. 1967). CD audio Erato, réf 2292-456989-2.

Jeannerod Marc (2001). "Naturalisation des états mentaux", in *In vivo*, par Jean-Didier Vincent et Lucy Kukstas, France Culture, 20 mars.

Mac Oisans Julien, **Tixier** Nicolas (2001). *Acoustic environments in change – Village de Lesconil*, Contribution au projet dirigé par Helmi Järviluoma [Université de Turku, Finlande], avril-mai 2000, CDrom + CD Audio.

Tixier Nicolas, **Laveaud** Samuel, **Rémy** Nicolas (1998). *Effet de métabole. 26 fragments sonores en milieu urbain*, CD audio, Grenoble : Cresson, Contrat Arassh Région Rhône-Alpes.

Xénakis Iannis (1954). *Metastasis*, pour orchestre (avec Eonta, Phthoprakta) Orchestre national de l'ORTF, dir. Maurice Le Roux. CD audio Chant du Monde, réf. CDM LDC 278368.

Table des Figures

<i>Figure 1 : Organisation générale de la thèse</i>	7
<i>Figure 2 : Le récit et le modèle physique comme outils pour aborder les ambiances</i>	52
<i>Figure 3 : Science et vie - Numéro spécial "l'habitation" - mars 1951</i>	57
<i>Figure 4 : Représentation géométrique du réseau des valeurs sémantiques du mot "ambiance"</i>	60
<i>Figure 5 : Schéma simplifié de la notion d'ambiance</i>	62
<i>Figure 6 : Éléments de définition des ambiances [J.-F. Augoyard]</i>	63
<i>Figure 7 : Grille de positionnement des enjeux</i>	66
<i>Figure 8 : l'ascension de concepts transdisciplinaires</i>	68
<i>Figure 9 : La difficile interaction entre l'analyse et le projet</i>	69
<i>Figure 10 : La dynamique comme notion transversale aux disciplines et commune aux modalités d'action</i>	75
<i>Figure 11 : Typologie ouverte des modèles numériques [Tableau A. Luciani]</i>	81
<i>Figure 12 : Boucle d'expérimentation numérique</i>	82
<i>Figure 13 : Points de communication M et L</i>	88
<i>Figure 14 : Deux module MAT liés par un module LIA</i>	89
<i>Figure 15 : Comportement des MAT et des LIA</i>	90
<i>Figure 16 : Exemple d'un réseau Cordi-Anima de 4 MAT reliés par 5 LIA</i>	90
<i>Figure 17 : Liaison viscoélastique</i>	92
<i>Figure 18 : Liaison de type butée viscoélastique</i>	92
<i>Figure 19 : Exemple de fonction d'élasticité définissant une "liaisons élastique linéaire par morceaux"</i>	93
<i>Figure 20 : Espace du modèle / espaces de (re)présentation</i>	95
<i>Figure 21 : Boucle méthodologique générale</i>	100
<i>Figure 22 : Boucle méthodologique détaillée</i>	101
<i>Figure 23 : Apparition de boucles internes</i>	103
<i>Figure 24 : Sas - de l'extérieur vers l'intérieur - [en janvier]</i>	128
<i>Figure 25 : Sas - de l'intérieur vers l'extérieur [en janvier]</i>	129
<i>Figure 26 : Schéma de fonctionnement des portes automatiques</i>	130

Figure 27 : Coupe et plan du dispositif _____	132
Figure 28 : Schéma général / Observation in situ _____	133
Figure 29 : Emplacement de la caméra et disposition des magasins _____	136
Figure 30 : Tableau des participants aux entretiens (la numérotation correspond à l'ordre de passage des entretiens) _____	143
Figure 31 : Boucle d'expérimentation numérique _____	166
Figure 32 : Détail du processus d'expérimentation et de ses éléments _____	167
Figure 33 : Paramètres du cadre bâti _____	168
Figure 34 : Sas avec murs latéraux _____	169
Figure 35 : Répartition des masses ponctuelles nécessaire au modèle _____	172
Figure 36 : Interaction de type butée viscoélastique _____	175
Figure 37 : Fonction d'interaction élastique linéaire par morceaux pour les liaisons individu - individu _____	175
Figure 38 : Fonction d'interaction viscosité pour les liaisons individu - individu en fonction d'un seuil donné _____	177
Figure 39 : Fonction d'interaction Individu / Mur _____	179
Figure 40 : Interaction de type butée élastique _____	180
Figure 41 : Interaction de type élastique _____	182
Figure 42 : Exemple d'un fichier de paramètres pour le modèle _____	186
Figure 43 : Exemple d'une fiche d'expérimentation _____	188
Figure 44 : Séquences n°01 à 06 _____	194
Figure 45 : Chronogramme "dépassement avec une légère réorientation de trajectoire" [Séquence n°01] _____	194
Figure 46 : Chronogramme "recentrage vers le milieu du couloir" [Séquence n°01] _____	195
Figure 47 : Chronogramme "réoccupation de toute la scène en sortie de sas" [Séquence n°03] _____	196
Figure 48 : Chronogramme "changement brusque de trajectoire" [Séquence 02] _____	197
Figure 49 : Chronogramme "Figure de rotation" Rôle de la Viscosité [Séquence n°04] _____	198
Figure 50 : Chronogramme "Formation de files" [Séquence n°13] _____	199
Figure 51 : Séquences n°07 à 11 _____	200
Figure 52 : Chronogramme "Sas en difficulté" [séquence n°07] _____	201
Figure 53 : Chronogramme "blocage au niveau des cloisons" _____	202
Figure 54 : Séquences n°12 à 15 _____	203
Figure 55 : Chronogramme "Formation d'une grappe" [Séquence n°13] _____	204
Figure 56 : Chronogramme "Formation d'une arche" [Séquence non fournie] _____	205
Figure 57 : Séquence n°16 _____	206
Figure 58 : Séquence n°17 _____	207
Figure 59 : Séquence n°18 _____	208
Figure 60 : Séquence n°19 _____	209
Figure 61 : Séquences n°20 à 21 _____	210

Figure 62 : Séquences n°22 à 26	213
Figure 63 : Séquences n°27 à 29	215
Figure 64 : Implémentation d'une anisotropie dans le modèle définissant les individus	217
Figure 65 : Outils de comparaison possibles entre les dynamiques issues de l'in situ et les dynamiques issues du modèle numérique	221
Figure 66 : Marcher - Écouter - Décrire	243
Figure 67 : Parcours d'écoute qualifiée - méthodologie générale	244
Figure 68 : Situation géographique de la ville de Rezé	245
Figure 69 : Article de Ouest-France du 7-8 septembre 1996	246
Figure 70 : Structure du fichier / Base de donnée [logiciel 4D]	247
Figure 71 : Exemple du relevé architectural - Fiche extraite de la base de données	247
Figure 72 : Relevé photographique - carte des prises de vue	248
Figure 73 : Parcourant écoutant (accompagné) - Rezé - Zone dite du "village"	249
Figure 74 : Exemple d'une fiche parcourant [Base de données 4D]	251
Figure 75 : Tableau des 4 écoutes selon Pierre Schaeffer	255
Figure 76 : Les trois plans composant le monde sonore d'après P. Amphoux	257
Figure 77 : "La table et les ciseaux" Extrait du parcours à Rezé - Zone 2 - le long du tramway	258
Figure 78 : Matériel utilisé pour l'enregistrement des ambiances sonores	260
Figure 79 : Exemple 1 & 2 - Emplacement des mesures	262
Figure 80 : Exemple 1 - Place principale - jour sans marché	262
Figure 81 : Exemple 1 - Place principale - jour de marché	263
Figure 82 : Exemple 1 - Activités et niveaux sonores	263
Figure 83 : Exemple 1 - Fragments sonores correspondants	264
Figure 84 : Exemple 2 - [Sonomètre indiquant le passage d'un bus et de voitures au rond point puis du Tramway 20 m plus loin] Deux effets de masque / Deux perceptions différentes	264
Figure 85 : Exemple 2 - Fragments sonores correspondants	265
Figure 86 : Zone 1 - Rond-point + Tramway + Place du marché	267
Figure 87 : Zone 1 - Fragments sonores correspondants	268
Figure 88 : Zone 1 - Tableau d'analyse croisée des corpus	270
Figure 89 : Zone 2 - Coupe sur parcours	271
Figure 90 : Zone 2 - dite du "village" - Séquence sonore n°4	272
Figure 91 : Zone 2 - Fragment sonore correspondant	273
Figure 92 : Zone 2 - Tableau d'analyse croisée des corpus	274
Figure 93 : Caractérisation des ambiances - Fragments sonores correspondants	274
Figure 94 : La Fronce comme un des modèles discursifs élémentaires des passages d'un effet à un autre	282
Figure 95 : Dynamiques d'un tas de sable : croissance + avalanches + formations de sous-tas & effondrements. [schéma Annie Luciani]	291
Figure 96 : Interaction de type butée viscoélastique	293

<i>Figure 97 : Les principales caractéristiques d'un "effet dynamique spatial de dune" : empilement, formation de sous-tas, contraintes internes hétérogènes, avalanches de surface.</i>	293
<i>Figure 98 : Structure instrumentale d'un tas de sable : (a) Simplification en couches de l'organisation spatiale dynamique, (b) modèle particulière sonore</i>	296
<i>Figure 99 : Quelques sons produits avec cette structure particulière multicouches</i>	298
<i>Figure 100 : Écrire, Figurer et Dire l'espace- schéma des passages de l'un à l'autre</i>	330
<i>Figure 101 : Schèmes événementiels - Structuration générale</i>	335
<i>Figure 102 : Notation des schèmes sélectionnées</i>	336
<i>Figure 103 : Graphe des événements : éléments/temps [Extraits]</i>	337
<i>Figure 104 : Quartier du Port au Blé - Rezé - Parcours</i>	349

Table des matières

Résumé	1
Abstract	2
Sommaire	3
Avant-propos	5
Structure générale du document	7
<i>Chapitre I Entre l'analyse et la conception, la dynamique</i>	9
Problématique et hypothèses	9
1. Trois dynamiques de l'espace - situation du sujet	11
1.1. L'espace sensible : le temps de l'expérience	11
1.2. L'espace construit : le temps du processus	13
1.2.1. La réécriture comme processus	14
1.2.2. Réécrire l'espace	18
1.3. L'espace agi : le temps des relations	19
1.3.1. Espace d'actions	20
a. Perception & action	20
b. Du mouvement isolé à l'action située	24
1.3.2. Espace d'inter-actions	26
1.4. Dynamique & Co. : définitions	30
2. Le passage de l'analyse à la conception - problématique et enjeux	35
2.1. Comment impliquer la connaissance dans les pratiques de projet ?	35
2.2. Comment faire pour réintroduire le temps dans la conception de l'espace ?	37
3. De la dynamique aux ambiances - hypothèses	41

3.1. Trois étages de la dynamique - trois modalités d'articulation _____	41
3.1.1. Relation _____	42
3.1.2. Processus _____	44
3.1.3. Expérience _____	45
3.2. La notion d'ambiance comme champ théorique et pragmatique d'investigation des trois étages _____	47
4. Le récit et le modèle physique - méthodes _____	51
4.1. Le récit comme outil analogique de restitution des deux derniers étages _____	52
4.2. Le modèle physique comme outil numérique de modélisation des deux premiers étages _____	54
5. La notion d'ambiance - un champ d'interrogation _____	57
5.1. Apparition de la notion d'ambiance dans les milieux de l'architecture et de l'urbanisme _____	57
5.2. Étymologie et connotations _____	59
5.3. De la nuisance au confort, puis du confort aux ambiances _____	60
5.4. Situation et mouvances actuelles de la notion d'ambiance _____	63
5.4.1. Enquête prospective auprès de structures institutionnalisées _____	64
5.4.2. Sélection et organisation _____	65
5.4.3. Mouvances - 4 pentes évolutives de la recherche française _____	66
a. La tendance à l'éclatement des références disciplinaires _____	67
b. L'évacuation du social au profit d'un rapprochement entre le technique et le sensible _____	67
c. La nécessaire ascension de concepts transdisciplinaires _____	68
d. L'impossible interaction entre l'analyse et le projet _____	69
5.4.4. Bilan et prospectives _____	69
5.5. Apparition de la dynamique dans les disciplines les plus diverses _____	70
6. Le modèle physique - un outil de modélisation _____	77
6.1. Morphodynamique et modèles numériques _____	77
6.1.1. Un modèle numérique ? _____	78
6.1.2. Des modèles numériques ! _____	80
6.1.3. Modéliser - Simuler - Représenter - Observer _____	82
6.2. Présentation du modèle physique _____	85
6.2.1. Présentation _____	85
6.2.2. Définir le modèle _____	87
a. Construction du modèle _____	87
b. Paramétrage des interactions _____	91
6.2.3. Actualiser le modèle _____	94
7. Deux études de cas - deux modalités d'investigation _____	97
7.1. Conduites de cheminement et ambiances sonores - champs thématiques _____	97
7.2. Le cycle et l'autoréférence - principes méthodologiques _____	100

7.2.1. Un principe fondateur : le cycle de l'observation et de la modélisation	100
7.2.2. Un principe finalisant : l'autoréférence et son double	104
7.3. La récurrence et la création - vertus potentielles	105
a. La récurrence comme règle du jeu nécessaire	105
b. La création apparaissant comme inévitable	107

Chapitre II Les conduites de cheminement _____ **109**

Étude 1 : Observations <i>in situ</i> et modélisations numériques	109
---	-----

1. Dynamiques piétonnières _____ **111**

1.1. Décrire le cheminement	112
1.1.1. Des études sur le cheminement - bilan critique et mise en perspective	112
1.1.2. La dynamique comme caractère implicite - rappel de la problématique et choix de la méthode de l'observation récurrente	117
1.2. Modéliser le cheminement	119
1.2.1. Des modèles sur le cheminement - bilan critique et mise en perspective	119
a. Le modèle de Computer Graphics Lab	120
b. Le modèle de la société ATN	121
c. Le modèle Kinema / Way	122
d. Le modèle de l'Irisa	123
e. Et d'autres...	124
1.2.2. Le recul des traitements logiques et cognitifs comme tendance évolutive et choix du modèle physique	125

2. Observations *in situ* _____ **127**

2.1. Objectifs de l'étude et choix d'un dispositif	127
2.2. Présentation du dispositif	128
2.3. Principe méthodologique : <i>l'observation récurrente</i>	133
2.3.1. Principes méthodologiques	133
2.3.2. Réalisation de huit vidéogrammes	134
a. Prises de vue	134
b. Déroulement technique	136
c. Rushs et sélection	137
d. Montage	138
e. Difficultés pratiques rencontrées	141
2.3.3. Élaboration d'un "échantillon expressif"	141
a. Spectre socio-professionnel	141
b. Spectre en fonction de la connaissance du lieu	142
2.3.4. Entretiens	143

a. Disposition et déroulement technique	143
b. Déroulement des entretiens	144
c. Prise de notes	145
d. Difficultés rencontrées	145
2.4. Analyse des conduites de cheminement	146
2.4.1. Récurrence, choix et difficultés	147
2.4.2. Principes dégagés et dynamiques émergentes	148
2.4.3. Retour sur la méthode	160
2.5. De l'observation des conduites à la conception d'un modèle numérique	161
3. Modélisations numériques	165
3.1. Principes méthodologiques et étapes numériques	166
3.2. Écrire l'espace - principes	168
3.2.1. Détermination du cadre bâti de référence	168
3.2.2. Composition générale du modèle	170
3.2.3. Les masses ponctuelles	171
a. Les murs	172
b. Les portes	173
c. Les individus	173
d. Un attracteur	174
3.2.4. Les liaisons	174
a. Les liaisons individu - individu	174
b. Les liaisons individu - mur	178
c. Les liaisons individu - porte	181
d. Les liaisons individu - attracteur	181
3.2.5. Les modules non physiques	182
a. Le contrôle des portes automatiques	182
b. Les injecteurs	183
c. Les capteurs	184
3.2.6. Paramétrage du modèle	185
3.3. Figurer l'espace - principes	186
3.4. Dire l'espace - principes	187
3.5. Expérimentations numériques - Sélection commentée de 29 séquences	190
3.5.1. Réglages du modèle	193
3.5.2. Quelques problèmes de réglage	199
3.5.3. Introduction d'incidents	202
3.5.4. Méthodes de visualisation	205
3.5.5. Ouverture de l'espace - Recherche d'effets collectifs	214
3.6. Évolutions et perspectives	216

a. Évolutions du modèle	216
b. Évolutions du cadre bâti	217
c. Évolutions des modes de représentations	217
d. Perspective : "sonification" du modèle	219
e. Perspective : la comparaison entre le numérique et l'in situ	220

Chapitre III Les ambiances sonores 223

Étude 2 : Observations <i>in situ</i> [et modélisations numériques]	223
---	-----

1. Dynamiques sonores 225

1.1. Décrire l'espace sonore	226
1.1.1. Des études sur l'environnement sonore - bilan critique et mise en perspective	226
1.1.2. La dynamique comme caractère implicite - rappel de la problématique	231
1.2. Enjeux théoriques et hypothèses méthodologiques	233

2. Observations *in situ* 239

2.1. Les parcours d'écoute qualifiée : Emprunts et apports	240
2.1.1. La référence aux "parcours commentés"	240
2.1.2. Hybridation de techniques	242
2.1.3. Singularité	243
2.2. Les parcours d'écoute qualifiée : Mise en œuvre	244
2.2.1. Relevé architectural et urbain	246
2.2.2. Description et enregistrement en déplacement	248
2.2.3. Technique de transcription	251
2.3. Les parcours d'écoute qualifiée : Modalités d'expression	252
2.3.1. Commentaires agencés	252
2.3.2. Enregistrements réajustés	258
2.3.3. Mesures différenciées	261
a. Niveaux sonores et perceptions	262
b. Effet de masque et perceptions	264
2.4. Les parcours d'écoute qualifiée : Tenants et aboutissants	266
2.4.1. De la définition des effets à la caractérisation des ambiances sonores	266
a. Zone 1	267
b. Zone 2	271
2.4.2. De la caractérisation des ambiances sonores à la modélisation d'un effet	274
a. Prégance de l'in situ	274
b. Difficultés d'une quantification	277
c. Un temps non pulsé	283

3. [Modélisations numériques]	287
3.1. Modèle physique pour modéliser et synthétiser des effets de métabole	288
3.2. L'exemple d'un effet "métabolique" de dune	289
3.3. Modéliser un effet "métabolique" de dune	292
3.4. Modélisation d'une structure musicale pour l'émergence d'effets sonores apparentés aux dynamiques spatiales des dunes en mouvement	294
3.4.1. Premier niveau du modèle sonore : la structure	294
3.4.2. Second niveau du modèle sonore : l'évolution macroscopique	296
3.5. Résultats et conclusions	297
Chapitre IV Éléments de conclusion	299
Trois éléments de conclusion pour une hybridation de l'analyse et de la conception de l'espace par la dynamique	299
1. Les études de cas et la boucle méthodologique - Conclusions et perspectives d'une double investigation	302
2. Le récit et le modèle physique - des outils pour l'action	307
2.1. L'expérience du récit	307
2.2. L'expérimentation du modèle	310
2.3. Complémentarité du récit et du modèle physique	313
3. Intentions relationnelles : vers une esth-éthique des ambiances	314
Annexes	317
Annexe 1 : La notion d'ambiance, enquête bibliographique - Ancrages et orientations des recherches sélectionnées	319
Annexe 2 : Conduites de cheminement, Casette VHS - Vidéogrammes	321
Annexe 3 : Conduites de cheminement, Observation récurrente de séquences numériques	323
Annexe 4 : Conduites de cheminement, métabole visuelle - tentative de notation	333
Annexe 5 : Conduites de cheminement, Législation et notions de confort sur les portes automatiques	339
Annexe 6 : Ambiances sonores, définitions de quelques effets sonores	343
Annexe 7 : Ambiances sonores, deux retranscriptions en exemple	349
Annexe 8 : Ambiances sonores, extraits de l'analyse sur deux zones	359
	390

Annexe 9 : Ambiances sonores, CD audio - Fragments sonores	365
Bibliographie	367
Ouvrages, rapports et articles	367
Dictionnaires	378
Sites Internet (http://)	378
Films & disques	379
Table des Figures	381
Table des matières	385