

## 2. CARACTÉRISATION DES STRATÉGIES DE DIAGNOSTIC DU « BON » DISJONCTEUR

Caractériser les stratégies de diagnostic du bon disjoncteur mises en œuvre par les opérateurs nous permet de préciser les dimensions des compétences critiques impliquées dans la mise hors tension. Dans ces termes, ces stratégies de diagnostic sont un élément déterminant de la gestion des risques par l'opérateur.

Dans le domaine du diagnostic de panne, plusieurs auteurs ont montré que les novices mettent plutôt en œuvre des stratégies topographiques, les experts disposant d'un répertoire plus étendu (Konradt, 1995 ; Rasmussen, 1986, par exemple).

Nous nous attacherons ici à caractériser les stratégies de diagnostic en fonction du degré, mais aussi en fonction du champ de l'expérience des opérateurs. Nous nous intéresserons également au rôle des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie pour les stratégies de diagnostic ; ce qui devrait nous permettre d'identifier des éléments de leur mode de développement par les opérateurs. Nous avons également pour objectif de préciser les différentes dimensions de la compétence critique.

Les travaux de Patrick à propos du diagnostic de panne (Patrick, 1989, 1993 ; Patrick, Munley, 1997), qui soulignent l'intérêt de l'information structurelle et de la schématisation en termes de flux, apparaissent appropriés. D'une part, l'erreur de branchement affecte la structure du dispositif et, par contrecoup, son fonctionnement. D'autre part, les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie mis en évidence correspondent à une schématisation des flux.

Dans ce cadre, la modélisation de la recherche de panne proposée par Patrick (*op. cit.*) peut être utilisée pour décomposer la tâche de diagnostic de l'opérateur. Elle est ici utilisée conjointement au découpage en épisodes, présenté au chapitre 5.

À un niveau générique, trois buts sont différenciés : identification initiale de symptôme, réduction de l'espace de recherche, recherche dans un sous-système.

- Identification initiale de symptômes.

L'identification initiale de symptômes concerne la panne et l'erreur de branchement.

Le diagnostic de panne est précisé dans la consigne : le porte-fusibles est défectueux et doit être remplacé. La prise d'information préalable à la mise hors tension peut consister à préciser ce diagnostic, voire à le confirmer (épisode 0, prise d'informations préalable à la mise hors tension).

L'épisode 1, mise hors tension dans une situation normale, doit conduire à l'identification de la présence de tension (symptôme de l'erreur de branchement). Nous faisons l'hypothèse que

l'inférence — mise en relation de la valeur d'une variable mesurée (présence de tension) et de la structure du dispositif — s'appuie sur les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie.

- Réduction de l'espace de recherche.

L'espace de recherche peut être réduit en effectuant des contrôles de conformité sur les différents éléments qui composent la cascade d'alimentation du porte-fusibles.

Les contrôles de l'opérateur peuvent porter sur la structure du dispositif. D'une part, il peut s'agir de contrôles visuels. D'autre part, l'opérateur peut réaliser des mesures de continuité en ohms, qui sont moins fiables et plus contraignantes. Elles impliquent de mettre en relation la valeur de la mesure — présence ou absence de continuité — et l'ordre des éléments de la cascade de distribution (sens de distribution de l'énergie).

Ces contrôles portent également sur le fonctionnement. L'opérateur peut réaliser des mesures en tension, qui permettent de faire des inférences sur la structure. Cette inférence s'appuie sur les deux concepts pragmatiques continuité et sens de distribution de l'énergie.

Lors des contrôles l'opérateur peut identifier des anomalies, qui concernent des règles de métier (absence de repérage du disjoncteur B, des fils B) ou une anomalie de structurelle (la cascade d'alimentation du panneau de sortie est rompue). Ces anomalies permettent de réduire l'espace de recherche.

- La recherche dans un sous-système.

Le traitement des anomalies identifiées oriente la recherche dans un sous-système. Elle consiste à prendre des informations sur l'anomalie de façon à pouvoir la mettre en rapport avec d'autres éléments pour reconstituer la cascade d'alimentation du panneau de sortie. Ces mises en relation s'appuient sur des contrôles visuels et/ou sur des mesures, comme précédemment. La recherche peut porter sur une relation précise, ou être réalisée systématiquement. Dans le premier cas, l'opérateur dispose d'une hypothèse qu'il teste.

Si le découpage proposé par Patrick (*op. cit.*) nous permet de différencier des étapes génériques de la stratégie de diagnostic du bon disjoncteur, en revanche il permet moins bien de préciser le rôle respectif des modèles de normalité et des concepts pragmatiques pour chacune d'elles. Nous nous appuyerons donc également sur le découpage en sous-épisodes, présenté précédemment<sup>1</sup>. Nous précisons ici les éléments auxquels nous portons une attention particulière.

- Les contrôles de conformité du dispositif.

---

<sup>1</sup> Détails chapitre 5 et annexes du chapitre 5.

Les contrôles de conformité s'appuient sur la représentation modèle des situations normales (modèle de normalité) : par exemple, le schéma du dispositif et les étiquettes apposées sur différents éléments reflètent la cascade de distribution du point de vue de la continuité et du sens de distribution de l'énergie. Les modèles de normalité intègrent des connaissances techniques sur le fonctionnement, mais également des règles de métier.

Nous différencions les sous-épisodes uniquement de contrôles visuels, de contrôles visuels avec mise en rapport — direction des regards alternant entre deux points —, de mesures, de mesures avec mise en relation — mesures accompagnées d'actions « on-off » sur un disjoncteur —, et de mesures avec mise en relation systématiques — plusieurs disjoncteurs sont actionnés lors de la mesure en un point.

Enfin, certaines informations sont données par le formateur en réponse à une hypothèse ou à une question, par exemple sur la conformité de la boîte de dérivation.

- L'identification d'anomalie.

Plusieurs anomalies peuvent être identifiées lors des contrôles de conformité : absence de repérage (disjoncteur B, fils B), absence de branchement (en aval du ~~no~~id 418-419 au bornier).

- Le traitement des anomalies.

À partir du moment où une anomalie est identifiée, elle peut donner lieu soit à des mesures, soit à des contrôles visuels. Ces prises d'informations sont catégorisées de la même façon que précédemment.

- Les inférence et tests d'hypothèses sur le « bon » disjoncteur.

Les inférences et tests d'hypothèses ne concernent ici que les disjoncteurs. Soit un disjoncteur est coupé et l'opérateur réalise un contrôle de tension sur le porte-fusibles, soit l'information est apportée par le formateur en réponse à une question de l'opérateur, une action sur un disjoncteur ou une hypothèse formulée. Elles peuvent faire suite ou non à des contrôles de conformité ou à l'identification et au traitement d'anomalies.

Les recherches de l'opérateur peuvent être réalisées ou non en utilisant les schémas du dispositif. Cuny (1981) précise différents usages des schémas électriques. Nous retenons qu'ils peuvent servir de guides pour effectuer des contrôles de l'installation. Ils permettent de s'informer des caractéristiques structurales et fonctionnelles du système, et servent de références pour décider du caractère correct ou non de la structure, du fonctionnement du système.

Dans la simulation, ils peuvent donc être utilisés dans les différents sous-épisodes avec des objectifs variés : identifier un élément ou contrôler la conformité (ils servent de référence aux

contrôles de conformité ou les guident).

Pour différencier ces différentes utilisations des schémas, nous nous appuyerons donc sur le moment de la consultation, les actions consécutives à la consultation et les verbalisations en situations et en autoconfrontation.

Nous présentons les résultats en nous intéressant d'abord à l'identification initiale des symptômes, puis à la réduction de l'espace de recherche et la recherche dans un sous-système. Nous caractériserons les stratégies de diagnostic et nous préciserons des dimensions des compétences critiques, en fonction du champ et du degré d'expérience des opérateurs.

## 2.1. IDENTIFICATION INITIALE DE SYMPTOMES

Deux types de symptômes sont en jeu. D'abord, il s'agit du symptôme de panne, dont la cause est précisée dans la consigne « le porte-fusibles du panneau de sortie est défectueux et doit être remplacé ». Arrivés sur le quai, les opérateurs peuvent constater que l'éclairage habituel du panneau de sortie est éteint et que les batteries de secours ont pris le relais. Ils peuvent également prendre des informations dans le caisson du panneau de sortie. Ils ont accès à l'ensemble des fils, au porte-fusibles, aux nœuds de branchement. Ce sont les informations prises directement dans le panneau de sortie que nous avons considérées comme constitutives de l'épisode 0 : prise d'informations préalable à la mise hors tension.

Le second symptôme est celui de l'erreur de branchement. L'opérateur doit identifier que l'action sur le disjoncteur qui est censé permettre la mise hors tension du panneau de sortie (noté « DJ 43 ») est inefficace. En référence au découpage de la tâche en épisodes, il s'agit de l'épisode 1 : mise hors tension dans une situation normale.

### **2.1.1. Le symptôme de panne**

Les prises d'informations préalables, épisode 0, sont constituées de contrôles visuels dans le caisson du panneau de sortie et/ou de mesures sur le porte-fusibles du panneau. À ce moment de la simulation, les opérateurs doivent identifier une présence de tension.

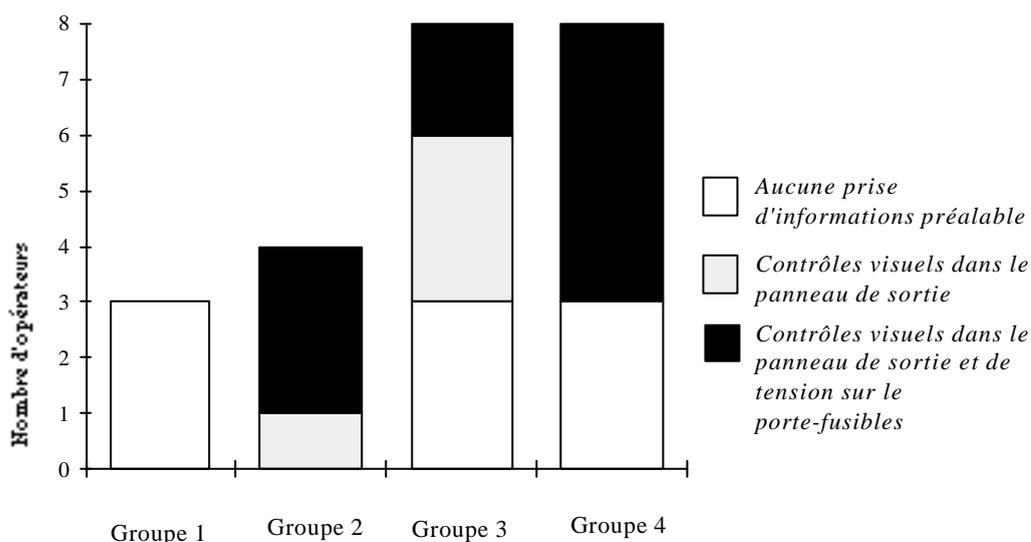
Les prises d'informations préalables sont plus fréquentes avec le développement de l'expérience du métier et de l'expérience au poste (schéma 31). Avec le développement de l'expérience au poste (groupes 2 et 4 par rapport au groupe 3), les contrôles visuels accompagnés de mesures en tension sont plus nombreux, et les contrôles uniquement visuels tendent à disparaître. Les contrôles visuels concernent la structure du dispositif : dans le caisson du panneau de sortie, les fils sont entièrement visibles, mais également l'état du dispositif et des contraintes liées à la conception du dispositif. L'opérateur 8 (groupe 3) le précise en autoconfrontation :

« On regarde déjà **comment c'est**, enfin **tous les éléments qu'il y a dedans**. On regarde le câble d'alimentation, dans **quel état il est**, le câble d'arrivée **où il se situe**, si **c'est accessible ou pas**. »

Ces prises d'informations sont également liées à une moindre connaissance des dispositifs techniques. Par exemple, l'opérateur 20 (groupe 3) en autoconfrontation :

« C'est la difficulté que j'ai dans ce nouveau métier, c'est de savoir... La difficulté n'est pas électrique, c'est ce que j'explique à chaque fois, elle est pas électrique, elle est de **savoir quoi est quoi, où je trouve tel et tel machin, quelle est son utilité**. »

Schéma 31 : La prise d'informations préalable en fonction du champ et du degré d'expérience (épisode 0)



Pour un opérateur (16, groupe 4), l'identification de la présence de tension a nécessité l'intervention du formateur (cf. chapitre 6).

Groupe 1 : « jeunes » en formation en alternance ; groupe 2 : « jeunes » opérateurs ; groupe 3 : expérimentés mais pas au poste de travail ; groupe 4 : expérimentés.

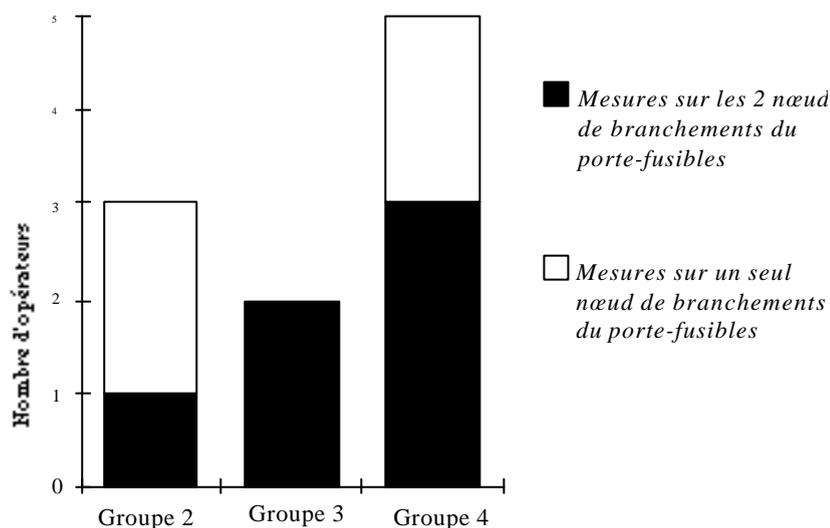
Les contrôles de tension informent sur l'état de fonctionnement du dispositif et permettent de préciser, voire de confirmer, le diagnostic donné dans la consigne, comme le souligne l'opérateur 13 (groupe 4) en autoconfrontation :

« **Constater la panne**. Première chose, constater **l'existence** puis **la localisation**, et

puis c'est tout... L'étendue des dégâts, puisque, selon l'étendue des dégâts, **le démontage du porte-fusibles ne nécessite pas la même intervention**, selon la panne. »

Dans le cas de la panne simulée, une telle prise d'information nécessite de réaliser une mesure sur les deux nœuds de branchements du porte-fusibles<sup>2</sup>. Seuls six opérateurs effectuent des mesures sur les deux nœuds de branchements du porte-fusibles (schéma 32). Un tel comportement peut difficilement être interprété en fonction de l'expérience du métier ou de l'expérience au poste, étant donné le faible effectif (schéma 32).

Schéma 32 : Localisation des mesures sur le porte-fusibles du panneau de sortie (épisode 0)



Groupe 1 : « jeunes » en formation en alternance ; groupe 2 : « jeunes » opérateurs ; groupe 3 : expérimentés mais pas au poste de travail ; groupe 4 : expérimentés.

Les mesures en tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie peuvent aussi constituer une recherche d'économie. En effet, si le porte-fusibles est hors tension, l'opérateur peut immédiatement procéder au remplacement et n'a pas à se déplacer jusqu'aux armoires situées à l'autre extrémité du quai.

Si les prises d'informations préalables ont tendance à être plus fréquentes avec le développement de l'expérience du métier et de l'expérience au poste, leurs objectifs semblent

<sup>2</sup> Ces mesures permettent également d'identifier des erreurs de branchement du porte-fusibles. Elles ont donc plusieurs objectifs.

différents. Le peu d'expérience au poste de travail semble conduire trois opérateurs du groupe 3 à prendre des informations sur la structure du dispositif, mais également sur sa conception : les différents éléments qui le composent, leur localisation, leur fonction, les contraintes d'accessibilité. Ces informations peuvent être accompagnées de contrôles de tension sur le porte-fusibles. Ce qui rend compte d'une recherche d'économie. Ce comportement semble se développer avec l'expérience au poste de travail dans la mesure où il est plus fréquent pour les opérateurs des groupes 2 et 4. Il traduit également une prise d'informations sur le diagnostic de panne donné dans la consigne. Seuls six opérateurs sont concernés.

### **2.1.2. Le symptôme de l'erreur de branchement**

Tous les opérateurs réalisent la mise en hors tension en coupant le disjoncteur DJ 43 et effectuent un contrôle de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie (§ 1. de ce chapitre).

*Tableau 16 : L'utilisation du schéma pour identifier le disjoncteur  
« DJ 43, panneau de sortie »<sup>3</sup>*

	Groupe 1 (N = 3)	Groupe 2 (N = 4)	Groupe 3 (N = 8)	Groupe 4 (N = 8)
Identification du DJ 43 en utilisant le schéma	0	0	3	0

*Groupe 1 : « jeunes » en formation en alternance ; groupe 2 : « jeunes » opérateurs ;  
groupe 3 : expérimentés mais pas au poste de travail ; groupe 4 : expérimentés.*

Le disjoncteur DJ 43 est identifié et localisé soit à partir du repérage — tous les disjoncteurs ont une étiquette sur laquelle est notée leur numéro, « DJ 43 » par exemple, et le nom de l'appareillage protégé, « panneau de sortie », par exemple —, soit à partir des schémas, le repérage permettant sa localisation dans le coffret. Seuls trois opérateurs du groupe 3 utilisent les schémas pour identifier le disjoncteur. La majorité des opérateurs utilise donc le repérage des disjoncteurs.

Les informations prises permettent de faire l'inférence que ce disjoncteur est bien en amont du panneau de sortie. Cette inférence est fondée sur les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie, et sur le modèle de normalité des opérateurs.

<sup>3</sup> Détails en annexes du chapitre 7.

Les opérateurs testent tous leur hypothèse. Contrairement aux résultats de l'analyse des accidents et incident (chapitre 4), aucun opérateur ne se contente d'un contrôle local. La règle formelle de vérification d'absence de tension « au plus près du lieu de travail » est systématiquement mise en œuvre. Elle permet ici d'identifier le symptôme de l'erreur de branchement : la présence de tension sur le porte-fusibles malgré l'action sur le « bon » disjoncteur. Trois opérateurs n'identifient ce symptôme qu'avec l'aide du formateur (opérateurs 1, 21 et 5 ; voir chapitre 6).

Pour résumer, l'identification initiale du symptôme de panne n'est réalisée complètement que par six opérateurs, qui effectuent une mesure de tension sur les deux nœuds de branchement du porte-fusibles. L'objectif est de prendre des informations plus précises sur le symptôme, voire de confirmer le diagnostic de panne donné dans la consigne.

Lorsque les opérateurs ne réalisent qu'une seule mesure sur le porte-fusibles, l'objectif semble davantage être l'économie : si le porte-fusibles est déjà hors tension, le remplacement peut avoir lieu immédiatement et il n'est pas nécessaire de se déplacer jusqu'aux armoires.

La réalisation de mesures sur le porte-fusibles est plus fréquente avec le développement de l'expérience du métier et du poste de travail.

Dans une situation normale, les opérateurs identifient et localisent le « bon » disjoncteur plutôt à partir du repérage. Peu utilisent les schémas, il s'agit systématiquement d'opérateurs ayant une faible expérience du poste de travail.

Une fois le bon disjoncteur identifié, localisé et coupé, ils effectuent un contrôle de tensions sur le porte-fusibles du panneau de sortie (identification du symptôme d'erreur de branchement). Cette procédure invariante de mise hors tension s'appuie sur les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie. Par ailleurs, contrairement à des opérateurs dont nous avons analysé les accidents, aucun ne se contente d'un contrôle local d'absence de tension. Nous en inférons que les opérateurs se représentent l'existence d'erreurs latentes de branchement.

## 2.2. LA RÉDUCTION DE L'ESPACE DE RECHERCHE ET LA RECHERCHE DANS UN SOUS-SYSTÈME

À ce moment, l'opérateur a identifié le symptôme de l'erreur de branchement. La réduction de l'espace de recherche concerne l'épisode 2 de mise hors tension dans une situation anormale.

Pour réduire l'espace de recherche, une partie des opérateurs réalise des contrôles de conformité du dispositif, ce qui les conduit à identifier des anomalies (tableau 17). Il s'agit majoritairement d'opérateurs du groupe 3, qui ont une expérience du métier. Dans un premier temps, nous nous intéresserons à ces stratégies de diagnostic fondées sur l'identification et le

traitement d'anomalies (§ 2.2.1.).

Tableau 17 : Opérateurs qui effectuent<sup>4</sup> des contrôles de conformité et identifient au moins une anomalie

	Groupe 1 N = 3	Groupe 2 N = 4	Groupe 3 N = 8	Groupe 4 N = 8
Nombre d'opérateurs	1 (opérateur 2)	3 (opérateurs : 18, 22, 23)	8 (opérateurs : 4, 5, 6, 7, 8, 14, 15, 20)	2 (opérateurs : 9, 19)

Groupe 1 : « jeunes » en formation en alternance ; groupe 2 : « jeunes » opérateurs ; groupe 3 : expérimentés mais pas au poste de travail) ; groupe 4 : expérimentés.

Une seconde partie des opérateurs effectue peu ou pas de contrôle de conformité et n'identifie pas d'anomalie (tableau 18). Il s'agit plutôt d'opérateurs du groupe 4, qui ont à la fois une expérience du métier et du poste de travail, et d'opérateurs du groupe 1, qui sont en formation par alternance dans l'entreprise. Nous examinerons leurs stratégies de diagnostic dans un second temps (respectivement, § 2.2.2 et 2.2.3.).

Tableau 18 : Opérateurs qui effectuent peu ou pas de contrôles de conformité et n'identifient pas d'anomalie

	Groupe 1 N = 3	Groupe 2 N = 4	Groupe 3 N = 8	Groupe 4 N = 8
Nombre d'opérateurs	2 (opérateurs : 1, 3)	1 (opérateur 21)	0	6 (opérateurs : 10, 11, 12, 13, 16, 17)

Groupe 1 : « jeunes » en formation en alternance ; groupe 2 : « jeunes » opérateurs ; groupe 3 : expérimentés mais pas au poste de travail) ; groupe 4 : expérimentés.

### **2.2.1. Réduction de l'espace de recherche à partir de l'identification d'anomalies**

Quatorze opérateurs effectuent des contrôles de conformité et identifient des anomalies

<sup>4</sup> Les contrôles de conformité de tous les opérateurs sont détaillés en annexes du chapitre 7.

<sup>5</sup> Les contrôles de conformité de tous les opérateurs sont détaillés en annexes du chapitre 7.

(tableau 17). il s'agit majoritairement d'opérateurs du groupe 3 (8/14) et de la totalité des opérateurs de ce groupe.

Le type d'anomalies identifiées (tableau 19), les informations qui sont prises à leur propos (tableau 20) et les éléments de la cascade de distribution du panneau de sortie qui sont identifiés (schéma 33, plus loin) sont utilisés pour caractériser plus précisément les stratégies de diagnostic de ces opérateurs.

Tableau 19 : Les opérateurs qui identifient des anomalies

Nombre d'anomalies identifiées	Types d'anomalies	Opérateurs en fonction du champs et du degré d'expérience			
		Groupe 1 (N = 3)	Groupe 2 (N = 4)	Groupe 3 (N = 8)	Groupe 4 (N = 8)
Une anomalie	Uniquement absence de repérage du disjoncteur DJ B	0	2 (opérateurs : 18, 22)	2 (opérateurs : 4, 15)	0
	Uniquement absence de branchement en aval du nœud 418-419 au bornier	0	0	1 (opérateur 6)	0
Deux anomalies	Absence de repérage du disjoncteur DJ B et des fils B au bornier	0	0	1 (opérateur 7)	0
	Absence de branchement en aval du nœud 418-419 au bornier et de repérage des fils B au bornier	0	0	2 (opérateurs : 8, 20)	0
Toutes les anomalies		1 (opérateur 2)	1 (opérateur 23)	3 (opérateurs : 5, 7, 14)	2 (opérateurs : 9, 19)

Groupe 1 : « jeunes » en formation en alternance ; groupe 2 : « jeunes » opérateurs ; groupe 3 : expérimentés mais pas au poste de travail ; groupe 4 : expérimentés.

Tableau 20 : Types de prises d'informations sur les anomalies identifiées

	Aucune prise d'information	Contrôles visuels	Contrôles visuels avec mise en rapport	Mesures	Mesures avec mise en rapport	Mesures systématiques avec mise en rapport
Groupe 1 (N = 3)			op. 2			op. 2
Groupe 2 (N = 4)	op. 22		op. 23	op. 18 op. 23	op. 23	
Groupe 3 (N = 8)	op. 4 op. 6	op. 14	op. 7 op. 8	op. 5 op. 14 op. 15	op. 5 op. 7 op. 8 op. 14	op. 8 op. 20
Groupe 4 (N = 8)		op. 9	op. 9	op. 9	op. 9 op. 19	op. 19

*Groupe 1 : « jeunes » en formation en alternance ; groupe 2 : « jeunes » opérateurs ; groupe 3 : expérimentés mais pas au poste de travail ; groupe 4 : expérimentés.*

- Si les opérateurs 6 et 22 identifient une anomalie (tableau 19), elle n'est pas traitée en tant que telle (tableau 20) et ne permet pas de réduire l'espace de recherche. Les stratégies de diagnostic de ces opérateurs sont soit des stratégies mixtes (opérateur 6), soit ne sont pas fondées sur l'identification d'anomalies (opérateur 22). Nous reviendrons sur ce point (§ 2.2.2. et § 2.2.3.).

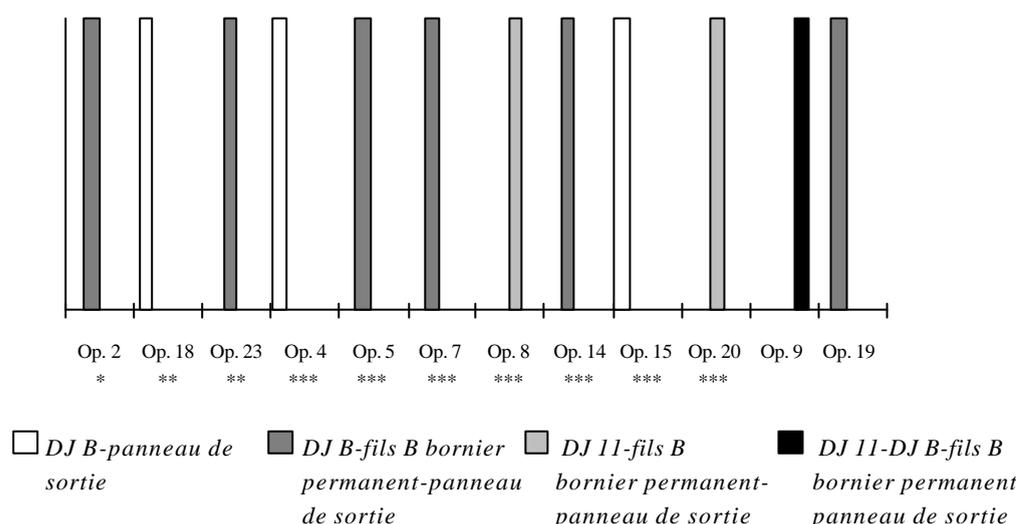
- Trois opérateurs n'identifient que le disjoncteurs DJ B comme élément de la cascade d'alimentation du panneau de sortie, et une seule anomalie est identifiée (opérateurs 4, 15 et 18, tableau 19 et schéma 33). L'opérateur 4 ne prend aucune information sur l'anomalie qu'il a identifiée. Les opérateurs 18 et 15 ne prennent que des informations fonctionnelles (mesures en volt, tableau 20).

Dans une situation conforme aux règles de métier, un disjoncteur non repéré, comme l'est le disjoncteur DJ B, constitue un disjoncteur de réserve en cas d'installation d'un nouveau circuit. Il n'est alors pas relié au réseau d'alimentation. Deux opérateurs prennent d'ailleurs des

informations fonctionnelles sur ce disjoncteur et constatent qu'il est alimenté. L'absence de repérage du disjoncteur DJ B et la présence de tension sur le porte-fusibles sont donc d'emblée mises en rapport. Les opérateurs en infèrent que ce disjoncteur est le bon et testent cette hypothèse (coupure du disjoncteur DJ B et contrôle de tension sur le porte-fusibles).

La réduction de l'espace de recherche et la mise en relation ne semblent être guidées que par le modèle de normalité. Les deux symptômes sont appariés sur la base du modèle de normalité. Les concepts pragmatiques sous-tendent la stratégie de diagnostic mais ne semblent pas la guider.

Schéma 33 : Les éléments de la cascade d'alimentation identifiés après le traitement d'anomalies



Les opérateurs notés avec le signe \* appartiennent au groupe 1 (jeunes en formation en alternance) ; avec le signe \*\*, au groupe 2 (jeunes opérateurs) ; avec le signe \*\*\*, au groupe 3 (expérimentés mais pas au poste de travail ; enfin sans aucun signe, au groupe 4 (expérimentés). Les opérateurs 6 et 22 n'identifient pas le « bon » disjoncteur à partir d'anomalies.

- Les autres opérateurs réalisent tous des mesures avec mise en rapport (tableau 20). Elles concernent des informations fonctionnelles qui permettent de faire des inférences sur la structure. Si le modèle de normalité permet l'identification d'anomalies, les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie guident la stratégie de recherche.

La mise en rapport par mesure est uniquement systématique pour les opérateurs 2 et 20 (tableau 20). La mesure concerne l'anomalie. Elle est réalisée en actionnant différents disjoncteurs. Les anomalies concernées sont l'absence de branchement en aval du nord 418-419 du bornier, la présence de fils non repérés au bornier (fils B). Il s'agit donc d'une

recherche de l'aval vers l'amont, visant à mettre en relation l'anomalie avec un disjoncteur. La recherche systématique indique que les opérateurs n'ont pas élaboré d'hypothèse précise mettant en relation l'anomalie identifiée avec un élément de la cascade d'alimentation. Le « bon » disjoncteur n'est identifié qu'à partir de la recherche systématique.

Le modèle de normalité permet l'identification d'anomalies. La recherche est topographique semble guidée par les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie.

Les opérateurs 5, 7, 9, 14 et 23 se différencient des précédents : les mesures avec mise en relation qui sont effectuées ne sont pas systématiques, elles concernent des nœuds de branchement précis (tableau 20). Ces opérateurs semblent donc avoir des hypothèses plus précises sur les éléments à mettre en relation. Étant donné qu'ils identifient les trois anomalies (tableau 19), il semble qu'elles aient été mises en rapport, ce qui les conduit à effectuer des mesures.

L'opérateur 9 est celui qui prend les informations les plus diversifiées sur les anomalies (tableau 20). il est le seul à identifier l'ensemble de la cascade d'alimentation du panneau de sortie (schéma 33).

Comme les précédents, ces opérateurs ont mis en œuvre une stratégie topographique fondée à la fois sur un modèle de normalité et sur les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie.

Contrairement aux opérateurs qui appartiennent les anomalies sur la base du modèle de normalité, ces huit opérateurs identifient plus complètement la cascade d'alimentation du panneau de sortie (schéma 33).

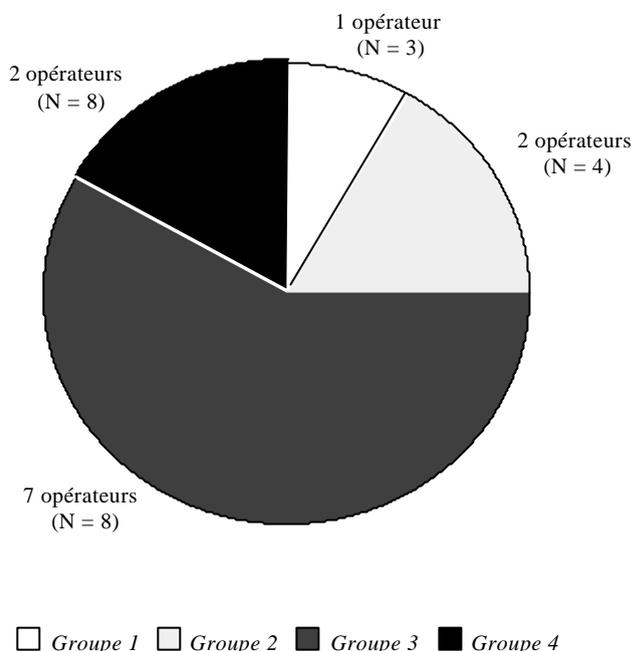
L'opérateur 19 est également dans ce cas. Toutefois, il semble avoir mis en œuvre une stratégie intermédiaire, alliant recherche systématique et mesures de mise en rapport précises. Par ailleurs, il ne s'agit que d'une partie de la stratégie de diagnostic mise en œuvre. Nous reviendrons sur ce point.

Pour résumer, douze opérateurs réalisent donc la tâche en mettant en œuvre une stratégie de diagnostic fondée sur l'identification et le traitement des anomalies (schéma 34). Ce sont majoritairement des opérateurs du groupe 3. Ils ont une expérience du métier mais peu du poste de travail.

Soit il s'agit d'appariements qui se fondent sur un modèle de normalité ; les concepts pragmatiques sont mobilisés, mais ne guident pas la réduction de l'espace de recherche. Soit il s'agit de stratégies topographiques guidées par les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie et par un modèle de normalité des situations.

Ces deux types de stratégies de diagnostic s'appuient sur les connaissances du domaine : non seulement les concepts pragmatiques, mais également les règles de métier ; constitutives du modèle de normalité, elles permettent d'identifier les anomalies.

Schéma 34 : Stratégie de diagnostic fondée sur l'identification et le traitement des anomalies, en fonction du champ et du degré d'expérience



En fonction de la précision du diagnostic, il est possible de remettre le circuit en conformité. La disparition des erreurs latentes de branchement fait partie des objectifs d'amélioration de la fiabilité globale du système (Reason, 1997). Seul l'opérateur 9 a mis en œuvre une stratégie efficace de ce point de vue. L'efficacité n'est que partielle en ce qui concerne les autres opérateurs qui mettent en œuvre une stratégie topographique. L'efficacité est plus faible quand il s'agit d'une stratégie consistant à appairer une anomalie identifiée avec le symptôme de l'erreur de branchement sur la base du modèle de normalité.

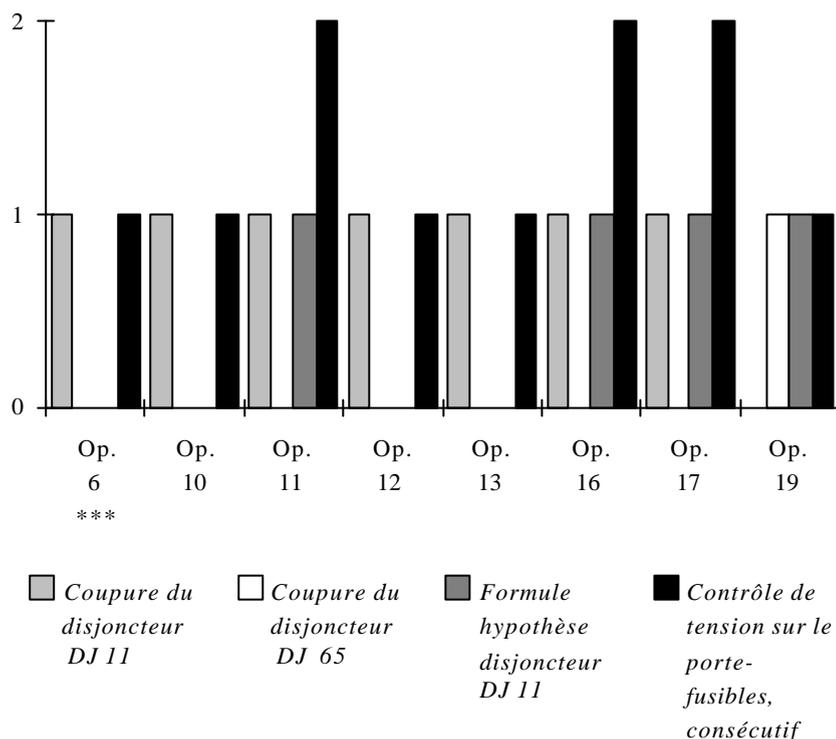
Par ailleurs les opérateurs 2 (groupe 1) et 23 (groupe 2), qui mettent en œuvre cette stratégie, ont été fortement guidés par le formateur pour l'identification des anomalies et leur traitement — plus particulièrement opérateur 2. Les aides sont plus locales pour les autres opérateurs (voir chapitre 6).

Les stratégies de diagnostic fondées sur l'identification, le traitement des anomalies et guidées par les concepts pragmatiques sont alors davantage le fait des opérateurs qui ont une expérience du métier.

### **2.2.2. Réduction de l'espace de recherche à partir d'appariement avec des connaissances sur la structure**

Nous avons précédemment observé que la majorité des opérateurs du groupe 4, ayant une expérience du métier et du poste de travail, effectuaient peu, voire pas, de contrôles de conformité et n'identifiaient pas d'anomalies (tableau 18).

Schéma 35 : Les hypothèses sur les disjoncteurs DJ 11, DJ 65 et leurs tests



Les opérateurs notés avec le signe \*\*\* appartiennent au groupe 3 (expérimentés mais pas au poste de travail) ; sans aucun signe, au groupe 4 (expérimentés).

La stratégie de diagnostic de ces opérateurs se caractérise par la non-identification d'anomalies, mais également par la coupure quasi immédiate du disjoncteur DJ 11, suivie immédiatement d'un contrôle de tension sur le porte-fusibles (épisode 2). Aucune autre hypothèse sur un disjoncteur n'est formulée, aucun autre disjoncteur n'est mis hors tension et, pour ceux qui effectuent des contrôles de conformité, aucune information prise précédemment sur le dispositif ne permet cette identification. Cette stratégie est mise en œuvre par six opérateurs du groupe 4 sur huit (opérateurs 10, 11, 12, 13, 16, 17), dont un commet une erreur (opérateur 13) et, partiellement, par les opérateurs 6 (groupe 3) et 19 (groupe 4).

- L'opérateur 13 coupe deux disjoncteurs, dont le disjoncteur DJ 11, réalise un contrôle de tension sur le porte-fusibles et identifie le disjoncteur DJ 11 comme étant le « bon ». En

situation d'autoconfrontation, l'erreur est pointée, il commente :

« Vous avez raison, l'autre **il est oublié**. J'ai même failli oublier de le remettre tout à l'heure (*remise du dispositif dans son état initial*) [...] Oui, **je l'ai complètement oublié, disparu**. »

L'opérateur 6 réalise des contrôles de conformité et identifie une anomalie. Elle n'est pas traitée (tableaux 19 et 20, pages précédentes). La mise hors tension du disjoncteurs DJ 11 suit l'identification de l'anomalie, qui n'a pas de rapport avec ce disjoncteur. Cet opérateur modifie donc sa stratégie de diagnostic.

Dans l'épisode 2, l'opérateur 19 coupe immédiatement le disjoncteur DJ 65 (éclairage confort de la station) et effectue un contrôle de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie. Suite à l'identification de tension qui en résulte, il émet l'hypothèse que le « bon disjoncteur » est le disjoncteur DJ 11. Cette hypothèse n'est pas testée. Il modifie également sa stratégie de diagnostic. Bien que cet opérateur ait coupé un autre disjoncteur que le DJ 11, sa stratégie de diagnostic est bien, sur ce point, la même que celle des opérateurs précédents. Comme en atteste le commentaire suivant en autoconfrontation et celui de l'opérateur 13 (plus loin) :

« C'est-à-dire qu'au départ le "motif sortie"<sup>6</sup> était bien pris sur le DJ 43. Comme ça n'est plus le cas, c'est qu'il y a eu **une modification qui a été faite entre-temps** et que cette modification, si elle a été faite je pense que **ça a été pris sur l'éclairage délestable<sup>7</sup> (DJ 65) plutôt que sur l'éclairage permanent (DJ 11)**. Mais en fait, **j'aurais aussi bien pu couper les deux**. [...] Mais effectivement **j'aurais très bien pu couper aussi l'éclairage permanent (DJ 11) et vérifier**. »

Cette stratégie s'appuie sur l'expérience des opérateurs, comme en atteste l'échange suivant avec l'opérateur 13 :

« Disons que le disjoncteur "motif sortie", qui est réellement le DJ 43, vous le trouvez pas partout.

— Et quand on le trouve pas ?

— Il est pris sur l'**éclairage permanent (DJ 11)**, soit sur l'**éclairage délestable station (DJ 65)**, mais que ce soit l'un ou l'autre, moi ça me choque pas, pas du tout. »

---

<sup>6</sup> Panneau de sortie.

<sup>7</sup> Élément des circuits de confort.

D'autres opérateurs font le même commentaire, par exemple :

Opérateur 16 : « Souvent **c'est plus sous le DJ 11**, mais ça existe comme ça c'est vrai (*présence du disjoncteur DJ 43*). »

Opérateur 10 : « C'est l'habitude. Dans des armoires, il y a pas le "motif sortie", c'est **l'éclairage station (DJ 11)**. »

Enfin l'opérateur 6 est le seul du groupe 3 à avoir occupé le même poste que les opérateurs du groupe 4, plusieurs années auparavant. Il bénéficie donc d'une expérience au poste de travail, même si elle est ancienne et peu importante.

- La stratégie de diagnostic de ces opérateurs peut être analysée comme la mise en œuvre d'un schème<sup>8</sup> de « diagnostic de l'erreur de branchement ».

Ces opérateurs disposent d'une règle invariante : « Pour mettre hors tension le panneau de sortie couper d'abord le disjoncteur normalement correspondant (DJ 43, épisode 1), puis si c'est inefficace couper les disjoncteurs DJ 11 et/ou DJ 65 (épisode 2). »

Cette règle, articulée aux deux concepts pragmatiques, leur permet de faire des inférences (après l'identification de la présence de tension sur le porte-fusibles, les opérateurs en infèrent immédiatement que c'est le disjoncteur DJ 11 ou DJ 65) et d'anticiper (dès la coupure du disjoncteurs DJ 11, les opérateurs anticipent la mise hors tension du panneau de sortie, comme en atteste l'erreur de l'opérateur 13).

- Ces opérateurs ont mis en œuvre une stratégie symptomatique : à partir de l'identification du symptôme (présence de tension malgré la coupure du disjoncteur DJ 43, épisode 1), ils font l'hypothèse que le disjoncteur DJ 11 permet la mise hors tension et testent cette hypothèse. L'appariement s'appuie sur leurs connaissances de la structure de la cascade d'alimentation dans les situations habituelles. Ainsi, des erreurs de branchement précises sont intégrées aux représentations modèles des situations anormales. Ils reconnaissent des types d'erreurs de branchement pour un circuit particulier. Les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie sont intégrés à cette stratégie de diagnostic.

D'après la typologie de Konradt (1995), elle peut être qualifiée de fondée sur les cas connus, ce qui souligne également qu'avec le développement de l'expérience au poste, les opérateurs acquièrent des connaissances sur les types d'erreurs de branchement en fonction des circuits concernés. Ces connaissances peuvent également être qualifiées de connaissances

---

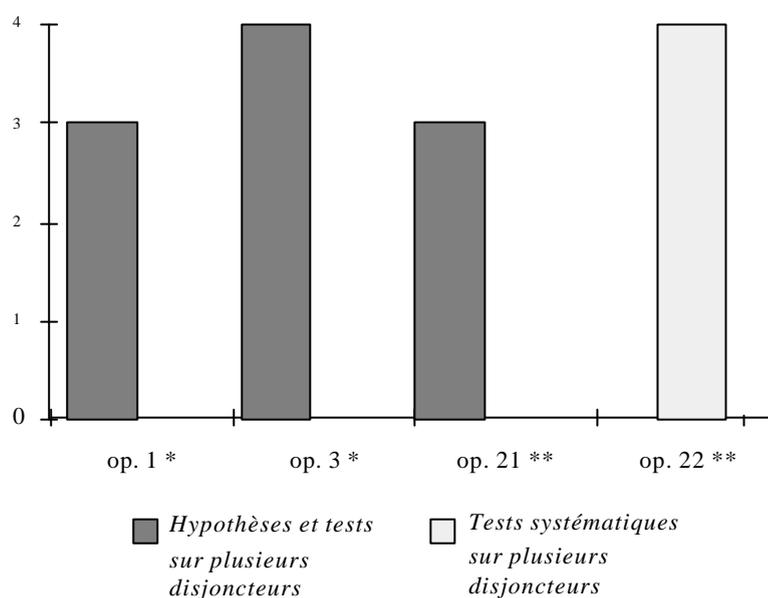
<sup>8</sup> En référence au cadre d'analyse Compety (Rabardel, Samurçay, 1995), les autres stratégies de diagnostic pourraient également être analysées comme des schèmes. Nous avons préféré ne pas multiplier de telles analyses. Seule cette stratégie de diagnostic est analysée dans ce cadre pour souligner son caractère routinier, automatisé.

des processus de travail (Boreham *et al.*, sous presse).

### 2.2.3. Réduction de l'espace de recherche à partir du repérage ou de critères non pertinents

Les opérateurs 1, 3, et 21 réalisent peu de contrôles de conformité, n'identifient pas d'anomalie, et nous avons noté que si l'opérateur 22 identifiait une anomalie, elle n'était pas traitée en tant que telle (tableaux 19, 20, et schéma 33, pages précédentes).

Schéma 36 : Les hypothèses et les tests sur plusieurs disjoncteurs



*Les opérateurs notés avec le signe \* appartiennent au groupe 1 (jeunes en formation en alternance) ; avec le signe \*\*, au groupe 2 (jeunes opérateurs). Le disjoncteur DJ B est pris en compte dans les tests systématiques portant sur les disjoncteur d'éclairage.*

La stratégie de diagnostic des opérateurs 1, 3, et 21 se caractérise par des hypothèses sur plusieurs disjoncteurs d'éclairage (au moins deux), notamment ceux dont l'étiquette de repérage comporte les noms de dispositifs : « éclairage », « accès », « sortie », « entrée »...

Par exemple, en situation, l'opérateur 1 coupe un disjoncteur et se déplace pour vérifier l'absence de tension (test d'hypothèse). Le formateur l'interrompt :

« Donc là on part au hasard ?

— Non, j'ai coupé, **c'est sortie aussi.** »

L'opérateur 22 coupe plusieurs disjoncteurs et le disjoncteur DJ B, anomalie identifiée. Il

réalise ensuite des tests systématiques entre un disjoncteur et le panneau de sortie.

La réduction de l'espace de recherche de ces opérateurs semble donc consister à sélectionner les disjoncteurs à partir du repérage et à tester ces hypothèses ; l'opérateur 22 traitant l'anomalie identifiée comme une hypothèse parmi d'autres.

La stratégie mise en œuvre est proche de l'essai-erreur.

En autoconfrontation, l'opérateur 22 précise que les disjoncteurs coupés et testés sont choisis en fonction de deux critères :

Ce qui n'est pas « **dangereux pour les voyageurs** » ou « **pour la circulation des trains.** »

Soit les critères choisis ne sont pas en relation directe avec le symptôme identifié<sup>9</sup>, soit leur relation est superficielle (opérateur 1, par exemple).

Cette stratégie mobilise les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie ; toutefois, ils ne guident pas la réduction de l'espace de recherche. La prise d'informations semble guidée par un modèle de normalité des situations qui, s'il intègre l'existence d'erreurs de branchement, ne conduit pas à réaliser la recherche sur la base d'informations portant sur le symptôme identifié.

Ce n'est pas l'unique élément de stratégie de diagnostic mis en œuvre par les opérateurs 1 et 3 (groupe 1). Ils se différencient par l'utilisation de critères peu pertinents. Nous avons précédemment relevé que l'opérateur 1 avait utilisé comme critère la proximité d'un disjoncteur avec le disjoncteur DJ 43 (cf. chapitre 6). Ainsi l'hypothèse portait sur deux disjoncteurs, dont le disjoncteur DJ 11. En auto-confrontation, l'échange suivant permet de préciser les critères :

« C'est par rapport aux DJ ou par rapport à ce DJ-là (*disjoncteur DJ 11*) ?

— **À ce type de DJ-là.** Parce que si on faisait **n'importe quoi, ça risque de disjoncter ou de couper.**

— Alors qu'est-ce qu'il a de particulier ?

— C'était un ... Je me rappelle plus.

— C'est sa puissance ?

— Les ampères, **par rapport aux ampères<sup>10</sup> qu'il peut supporter** et l'autre combien d'ampères il peut supporter aussi. »

---

<sup>9</sup> Une partie de l'autoconfrontation de l'opérateur 21 étant inaudible, nous ne disposons pas d'information équivalente.

<sup>10</sup> Ce qui correspond bien aux caractéristiques du disjoncteur DJ 11 notées sur le schéma du dispositif.

L'opérateur s'est donc fondé sur la proximité des disjoncteurs et sur l'ampérage qu'ils peuvent traiter. Ce critère technique, qui s'est avéré efficace dans la situation, n'est pas pertinent : le panneau de sortie n'est composé que de néons d'éclairage, ce qui ne nécessite pas un ampérage élevé.

L'opérateur 3 se fonde sur la numérotation des fils amont du disjoncteur DJ 43 :

« À moment donné, tu coupes le DJ 11.

— Parce que **mon fil 90 et 91, il va aussi au DJ 11, c'est le même repère** de fils.

— Où est-ce que tu l'avais vu ce repère de fils ?

— Sur le plan.

— Alors il y avait le même repère de fils 90, 91 pour le DJ 11 et quel autre disjoncteur ?

— **Donc, ça arrivait sur le motif « métro<sup>11</sup> »** et ça allait sur le permanent, et **des fois on fait des ponts qui permettent de ...** Donc j'ai essayé de consigner **à ce niveau-là pour voir s'il y avait pas un pont de fait**, comme un shunt, donc **en coupant le permanent (DJ 11)**. »

L'opérateur 3, comme l'opérateur 1, se représente l'existence d'erreur de branchement. Toutefois, le critère qui permet de réduire l'espace de recherche est faux. En effet, entre le niveau N (répartiteur DJ 5) et les disjoncteurs, tous les fils sont numérotés de 90 à 93 : le neutre est numéroté 90, et les phases 91, 92 et/ou 93. Il s'agit d'une règle invariante de repérage. Plusieurs disjoncteurs ont donc en commun des numéros de fils amont, dont les disjoncteurs DJ 43 (90, 91) et DJ 11 (90, 91, 92, 93).

Les opérateurs 1 et 3 réduisent donc l'espace de recherche à partir soit d'un critère technique non pertinent, soit à partir d'un critère faux qui traduit la méconnaissance d'une règle invariante de repérage des dispositifs. Par ailleurs, s'ils disposent des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie, leur développement ne permet pas le guidage de la prise d'informations. Ce guidage semble plutôt relever d'un modèle de normalité des situations incomplet et/ou intégrant des erreurs.

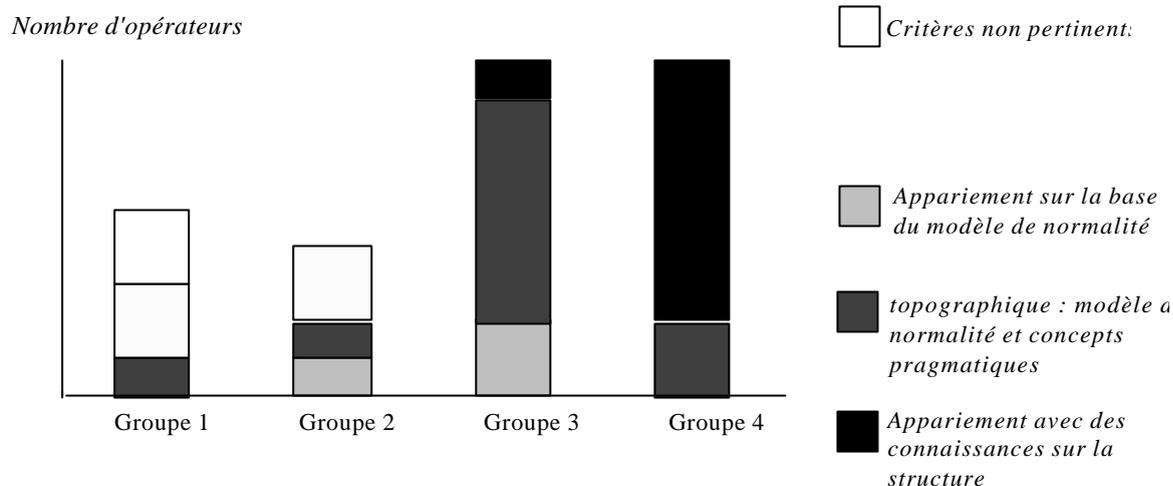
Le schéma 37 résume les tendances dégagées.

*Schéma 37 : Les différentes stratégies de diagnostic des opérateurs, en fonction du type*

---

<sup>11</sup> Panneau de sortie.

## et du degré d'expérience (épisode 2)



Groupe 1 : « jeunes » en formation en alternance ; groupe 2 : « jeunes » opérateurs ;  
 groupe 3 : expérimentés mais pas au poste de travail ; groupe 4 : expérimentés.

Les opérateurs mettant en œuvre des stratégies mixtes sont comptés dans chacune des catégories de stratégies correspondantes. La hauteur d'une catégorie de stratégie de diagnostic correspond donc au nombre d'opérateurs qui la mettent en œuvre pour chaque groupe.

- Les opérateurs du groupe 4 mettent plutôt en œuvre une stratégie symptomatique qui repose sur des connaissances de la structure du système dans différentes situations — présence ou non d'un disjoncteur spécifique pour le panneau de sortie.

- Les opérateurs du groupe 3 fondent plutôt leurs stratégies de diagnostic sur l'identification et le traitement d'anomalies. Soit elles consistent à apparier des symptômes sur la base d'un modèle de normalité, soit elles sont topographiques, alliant connaissances sur la structure et modèle de normalité. À l'exception des opérateurs 2 et 23, dont la stratégie a été fortement guidée par le formateur (chapitre 6), un seul des opérateurs des groupes 1 et 2 met en œuvre ce type de stratégie (opérateur 18).

- Deux opérateurs du groupe 2 (opérateurs 21 et 22) et, partiellement, deux opérateurs du groupe 1 (opérateurs 1 et 3) réduisent l'espace de recherche à partir du repérage. Ils utilisent des informations structurales (repérage), que l'on peut qualifier d'informations de « surface ». Ce qui est un comportement caractéristique des opérateurs novices (Chi *et al.*, 1981). Ces opérateurs du groupe 1 utilisent également des critères non pertinents.

### 2.3. POUR RÉSUMER

Tous les opérateurs disposent d'un modèle de normalité des situations et sont en mesure de

mobiliser les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie.

Mais le modèle de normalité des opérateurs en formation (groupe 1) est encore incomplet. Des règles de métier sont absentes, des connaissances techniques sont mal intégrées.

En comparant les opérateurs du groupe 1 et du groupe 2, avec le développement de l'expérience du métier et de l'expérience au poste, la réduction de l'espace de recherche sur la base de critères non pertinents disparaît.

Pour les opérateurs du groupe 2, les résultats sont hétérogènes. Un seul opérateur (l'opérateur 18) met en œuvre une stratégie de diagnostic équivalente à celle d'opérateurs plus expérimentés. Deux d'entre eux (opérateurs 21 et 22) réduisent l'espace de recherche à partir de critères de surface. L'un d'entre eux (opérateur 23) est fortement guidé par le formateur (chapitre 6).

Ainsi, si ces opérateurs disposent des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie et se représentent l'existence d'erreurs de branchement, le développement des concepts pragmatiques ne permet pas de guider la prise d'informations pertinentes.

Ce guidage se développe avec l'expérience du métier. Il s'agit particulièrement des opérateurs du groupe 3. Ils s'appuient également sur un modèle de normalité des situations et sur la représentation d'erreurs de branchement. Les modèles de normalité des situations permettent d'identifier des anomalies, les concepts pragmatiques sont mobilisés pour prendre des informations sur ces anomalies et les mettre en rapport avec la structure (particulièrement pour les opérateurs du groupe 3).

Avec le développement de l'expérience au poste de travail (groupe 4), les opérateurs se représentent des types d'erreurs de branchement en fonction des caractéristiques du circuit. Les classes de situations sont plus étendues, mais elles sont également affinées, précisées. Elles concernent des connaissances sur la structure du dispositif dans plusieurs situations normales. Le symptôme identifié est directement mis en rapport avec la structure du dispositif. Les concepts pragmatiques sous-tendent la stratégie de diagnostic

Contrairement à Konradt (1995), qui n'observe que peu ou pas de différences entre des opérateurs électriciens et mécaniciens, nous constatons une différence entre des opérateurs qui ont un champ d'expérience relevant de domaines d'activités différents. Les stratégies fondées sur les cas connus sont plus particulièrement le fait des opérateurs expérimentés au poste de travail : un symptôme et un type d'erreur de branchement en fonction des caractéristiques d'un circuit sont associés. Ces opérateurs ont acquis des connaissances sur les « processus de travail » (Boreham *et al.*, à paraître).

Ainsi l'extension des classes de situations semble aussi dépendre de l'acquisition de ces connaissances. Elles peuvent s'acquérir par la confrontation à de multiples situations de travail,

mais également par la transmission au sein de la collectivité<sup>12</sup>.

Un opérateur du groupe 4 (opérateur 19) met en œuvre une stratégie mixte : stratégie symptomatique — appariement du symptôme avec des connaissances sur la structure —, puis stratégie topographique mobilisant le modèle de normalité et les concepts pragmatiques. Sa stratégie de diagnostic est dans un premier temps identique à celle qui est majoritairement mise en œuvre par les opérateurs du groupe 4, puis à celle qui est plutôt mise en œuvre par les opérateurs du groupe 3.

Ainsi, sa stratégie symptomatique n'ayant pas abouti, il change de registre de fonctionnement en élevant le niveau d'abstraction : la prise d'informations sur la structure est plus précise et guidée par les concepts pragmatiques et le modèle de normalité des situations. Il passe d'une stratégie symptomatique à une stratégie topographique. D'après Rouse (1983, cité par Rasmussen, 1984), savoir quand passer d'une stratégie symptomatique à une stratégie topographique pour traiter une situation non familière est une caractéristique des experts.

En nous référant à Amalberti (1996), les opérateurs du groupe 4 auraient alors privilégié un niveau de fonctionnement moins abstrait, caractérisé par un certain degré d'automatisation. Le schème qu'ils mettent en œuvre assure, à la fois, efficacité et économie. Leur stratégie de diagnostic est en effet moins coûteuse que celles des opérateurs du groupe 3 et leur permet d'aboutir. Du fait de leur manque d'expérience au poste de travail, qui se traduit notamment par une moindre extension des classes de situations pour ce domaine d'activités, les opérateurs du groupe 3 ne peuvent pas fonctionner à ce niveau.

D'après Amalberti (*op. cit.*), l'automatisation de la conduite fait partie de la gestion de ses propres ressources par l'opérateur. Ici, c'est aussi au prix de la faillibilité globale du système, dont l'identification des erreurs latentes est un enjeu (Reason, 1997). Elles ne sont pas identifiées par les opérateurs du groupe 4, qui mettent en œuvre une stratégie symptomatique. Avec le développement de l'expérience au poste de travail, les opérateurs seraient en mesure de mettre en œuvre des stratégies symptomatiques peu coûteuses et efficaces du point de vue du diagnostic, mais moins intéressantes pour la fiabilité du système à long terme.

Les stratégies topographiques des opérateurs du groupe 3 sont plus efficaces de ce point de vue. Elles s'appuient sur la conceptualisation des flux en fonction de leurs caractéristiques et sur les connaissances du domaine.

Nous rejoignons le point de vue de Patrick (1993, Munley et Patrick, 1997) sur l'intérêt des stratégies structurales et l'importance des connaissances du domaine. Le modèle de

---

<sup>12</sup> Nous pouvons ajouter que dans un autre domaine de maintenance électrique de l'entreprise (électromécanique), une modification organisationnelle a conduit à l'éclatement de la collectivité. Ce qui a, notamment, eu comme conséquence l'augmentation de l'indisponibilité de certains appareillages, le diagnostic de panne n'étant plus toujours suffisamment précis et les réparations pouvant n'être que partielles et temporaires.

normalité des situations est constitué de connaissances sur la structure et le fonctionnement normal, mais également des règles de métier. D'autre part, nous soulignons l'importance de la représentation de situations anormales. Les classes de situations sont plus étendues et deviennent plus précises avec l'acquisition de « connaissances sur les processus de travail ».

Pour définir la compétence critique, nous retiendrons deux critères : la prise d'informations préalable sur les symptômes et soit les stratégies topographiques fondées sur la mobilisation du modèle de normalité et les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie — dans la mesure où elles présentent un intérêt réel pour la fiabilité du système — , soit les stratégies de diagnostic symptomatiques basées sur l'appariement entre le symptôme et les connaissances sur la structure dans une situation normale — elles sont à la fois efficaces et économiques. Peu d'opérateurs sont alors concernés. Seuls six opérateurs réalisent complètement une prise d'informations préalable sur le symptôme de panne. Ils mettent également en œuvre l'une ou l'autre de ces stratégies de diagnostic dans l'épisode 2. Toutefois, l'un d'entre eux (opérateur 23 du groupe 2, le seul peu expérimenté dans ce cas) est fortement guidé par le formateur (chapitre 6).

### **3. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS SUR LES STRATÉGIES DE DIAGNOSTIC MISES EN ŒUVRE**

Nous avons montré que les opérateurs avaient développé un schème de mise hors tension multi-instrumentée. Avec le développement de l'expérience au poste et de l'expérience du métier, les instruments qui le composent sont plus nombreux, plus informatifs et peuvent constituer un savoir-faire de prudence. Concernant le contrôle de la mise hors tension, l'objet de l'activité des opérateurs évolue avec l'accroissement de l'expérience du métier : il ne s'agit plus uniquement de contrôler l'atteinte du but mais également de se construire une représentation plus précise de la structure et du fonctionnement de la cascade de distribution, de catégoriser précisément la situation traitée, d'identifier à quelle classe de situations elle appartient. La compétence critique n'est pas le fait de tous les opérateurs expérimentés, elle n'est la caractéristique que de quelques-uns, que l'on peut qualifier d'experts au moins pour cette dimension des compétences.

L'expérience a un effet sur la nature des instruments développés. Avec l'expérience du métier, les opérateurs disposent plutôt d'instruments formés sur la base de la règle de sécurité de vérification d'absence de tension. Avec le développement de l'expérience au poste, ils disposent d'instruments plus opportunistes contextualisés, formés à partir d'artefacts ou de signes disponibles dans l'environnement.

Les stratégies de diagnostic sont également différentes en fonction de l'expérience du métier et de l'expérience au poste de travail. Pour les opérateurs en formation (groupe 1), elle est caractérisée par une réduction de l'espace de recherche sur la base de critères faux. Les modèles de normalité sont incomplets. Les « jeunes » opérateurs (groupe 2) peuvent davantage s'appuyer sur leur modèle de normalité, et l'un d'entre eux met en œuvre une stratégie de diagnostic comparable à celle d'opérateurs plus expérimentés. Avec l'expérience du métier (groupe 3), la prise d'informations est davantage guidée par les concepts pragmatiques, les modèles de normalité sont également mobilisés. Avec le développement de l'expérience au poste de travail (groupe 4), les opérateurs mettent en œuvre des stratégies symptomatiques. Ils connaissent des types d'erreurs de branchement pour un circuit. Les classes de situations anormales sont plus étendues et spécifiées.

Le développement des concepts pragmatiques et l'extension des classes de situations sont articulés aussi bien au développement du schème d'action multi-instrumentée qu'à la stratégie de diagnostic du bon disjoncteur mise en œuvre :

- extension des classes de situations (intégration de situations anormales) et développement

des concepts pragmatiques, le développement des instruments s'appuyant sur l'intégration des connaissances techniques et de connaissances liées à la sécurité, dans le premier cas ;

- réduction de l'espace de recherche guidé par les concepts pragmatiques et le modèle de normalité des situations, extension et précision des classes de situations (représentations d'erreur de branchement pour un type de circuit), dans le second cas.

Nous revenons sur les deux dimensions des compétences critiques telles que nous les avons définies, respectivement pour le diagnostic du bon disjoncteur et le schème de mise hors tension.

- Pour le diagnostic, il s'agit de la prise d'informations préalable sur le symptôme de panne et de l'identification de la présence de tension malgré la coupure du bon disjoncteur et de mise en œuvre soit d'une stratégie topographique guidée à la fois par les concepts pragmatiques et le modèle de normalité, soit d'une stratégie symptomatique fondée sur l'appariement entre le symptôme et des connaissances sur la structure dans une situation normale.

Pour le schème de mise hors tension multi-instrumentée, nous avons considéré la mise en œuvre aussi bien d'un instrument de contrôle local que d'un instrument constituant un savoir-faire de prudence.

Seuls six opérateurs correspondent au premier cas, et huit au second, dont les six premiers.

Si ces dimensions des compétences critiques se développent également avec l'expérience du métier et l'expérience au poste de travail, l'expérience n'est pas suffisante. Et, par ailleurs, ce développement n'est pas uniforme, notamment pour les opérateurs du groupe 2.

En effet, l'un des opérateurs du groupe 2 (opérateur 18) est autonome dans la mise en œuvre de la stratégie de diagnostic du bon disjoncteur. Cette stratégie est identique à celle d'opérateurs plus expérimentés, mais son schème de mise hors tension n'est pas aussi sécuritaire et informatif que celui de l'opérateur 23 (groupe 2).

L'opérateur 23 met en œuvre un schème d'action multi-instrumentée caractéristique d'une dimension de la compétence critique. Si ce schème lui permet de se protéger d'erreurs latentes de branchement et de ses propres erreurs lors de la mise hors tension, l'aide du formateur lui est nécessaire pour corriger des mises hors tension inappropriées ou dangereuses, pour se représenter la localisation possible d'une erreur de branchement à partir de l'identification de son symptôme. Le développement des concepts pragmatiques ne permet pas de mettre en relation le symptôme identifié et le réseau de distribution de l'énergie (structure). Par ailleurs, de façon identique à un autre opérateur de ce groupe (opérateur 22, groupe 2), le développement des métaconnaissances de compétences (Valot *et al.*, 1993) n'est pas suffisant pour éviter les situations impliquant la gestion simultanée de plusieurs risques.

Le développement de ces dimensions des compétences critiques est plus uniforme pour les opérateurs plus expérimentés.

# CHAPITRE 8

## UTILISATION DES REGLES DE SECURITE ET SYSTEMES D'INSTRUMENTS

L'analyse du rapport aux règles de sécurité et des systèmes d'instruments constitue le dernier chapitre d'analyse des résultats de la simulation.

Suite aux analyses d'accidents (chapitre 4), nous avons émis l'hypothèse de l'existence d'un système d'instruments constitué par les opérateurs. Il serait composé à partir d'instruments formés aussi bien sur la base des règles de sécurité comme artefacts que sur la base d'artefacts matériels (VAT ou multimètre, par exemple). Nous examinons ici cette hypothèse en nous intéressant aux propriétés de ces systèmes et aux relations entre les instruments — complémentarité, vicariance de leurs fonctions —, à la relation entre les systèmes d'instruments et les modèles opératoires du risque, notamment concepts pragmatiques et représentations modèles des situations.

En analysant le schème de mise hors tension, nous avons montré qu'il s'agissait d'un schème d'action multi-instrumentée, une règle de sécurité pouvant donner lieu à plusieurs des instruments de ce schème, deux autres instruments pouvant être constitués à partir du bouton déclencheur des disjoncteurs et de l'éclairage du quai (chapitre 7).

Mais les instruments ne sont pas isolés, ils peuvent former des systèmes, comme le montrent Rabardel (1995) réinterprétant les travaux de Lefort (1978, 1982), ou Minguy (1997).

Nous proposons d'analyser le rapport aux règles de sécurité du point de vue du développement par l'opérateur d'un système d'instruments. Un système d'instruments peut être défini comme l'ensemble des instruments dont dispose l'opérateur. Il a pour caractéristiques d'être structuré en fonction de l'expérience et composé, à la fois, d'outils formels, dont l'utilisation peut être formelle ou non, et d'outils informels :

« Les outils formels (reconnus et recensés officiellement) peuvent être utilisés conformément au mode d'emploi préconisé ou non. On parlera alors respectivement d'utilisation formelle ou d'utilisation informelle » (Lefort, 1982, p. 308).

Cela rend compte du fait que les opérateurs se constituent des instruments qui remplissent les fonctions prévues par le concepteur mais aussi d'autres fonctions. De nouveaux instruments sont élaborés à partir de ces artefacts formels ou d'autres artefacts. Du point de vue de l'opérateur, ils peuvent être fonctionnellement équivalents (redondance des fonctions) ou complémentaires. Cet ensemble offre une plus grande souplesse d'utilisation, avec un objectif d'équilibre entre économie et efficacité (Lefort, 1978, 1982 ; Rabardel, *op. cit.*).

La mise en œuvre d'une règle de sécurité est ici considérée comme la mobilisation d'un instrument formel. Si nous appuyons sur les travaux de Lefort (*op. cit.*) et de Rabardel (*op. cit.*), un instrument formel est défini comme étant constitué d'un artefact et d'un schème d'utilisation qui sont formels. Autrement dit, l'artefact et son utilisation par l'opérateur correspondent à ce qui est prévu, prescrit, par le concepteur. Le non-respect d'une règle de sécurité relève alors de la non-utilisation de l'instrument formel. Il peut être remplacé par un instrument informel, ces deux instruments ayant des fonctions redondantes du point de vue du sujet. Les fonctions des instruments formels peuvent également être complétées par celles des instruments informels mis en œuvre. Nous considérons qu'ils constituent alors des savoir-faire de prudence, dans la mesure où, s'ils remplacent l'instrument formel, leur utilisation constitue un comportement plus sûr pour gérer les risques. Complémentarité et redondance des fonctions sont la caractéristique des systèmes d'instruments.

Le rapport aux règles de sécurité est également abordé dans le cadre du développement des compétences des opérateurs. D'après Gaudart et Weill-Fassina (1999), le non-respect des règles de sécurité est un comportement plus fréquent avec le développement des

compétences, qui se traduit par un mouvement allant de la soumission au prescrit, à son intégration et à sa généralisation, qui permettent à l'opérateur de faire face à l'imprévu.

Nous aborderons le développement des systèmes d'instruments en fonction du champ et du degré d'expérience des opérateurs.

Aborder le rapport aux règles de sécurité du point de vue des systèmes d'instruments permet, d'une part, de prendre en compte l'ensemble des moyens mis en œuvre par les opérateurs pour gérer les risques et, d'autre part, de ne pas considérer ces moyens de façon isolée, mais du point de vue de leurs fonctions respectives pour gérer les risques et de leurs relations.

D'une part, nous analysons les instruments des opérateurs en nous centrant sur les fonctions qui leur sont attribuées comparativement aux fonctions de la règle. D'autre part, nous analysons les relations entre les fonctions des différents instruments mis en œuvre par les opérateurs.

Plusieurs règles de sécurité que doivent mettre en œuvre les opérateurs<sup>13</sup> sont examinées : le contrôle d'absence de tension «au plus près du lieu de travail », l'utilisation du VAT pour effectuer des contrôles d'absence de tension et du multimètre pour des mesures<sup>14</sup>, et la consignation.

Le port des équipements et protections individuels (ÉPI) pour travailler en présence de tension est difficilement analysable. En effet, le formateur intervient à ce propos uniquement pour les opérateurs du groupe 1, « jeunes » en formation en alternance, alors que les autres opérateurs ne portent ni gants ni lunettes. Ces interventions sont plutôt incitatives — localisation des ÉPI, indication qu'ils sont mis à disposition — et effectuées assez tôt, avant que l'opérateur ne manifeste une décision. De fait, il paraît difficile de savoir si ces opérateurs les auraient portés d'eux-mêmes. Nous retenons toutefois qu'aucun opérateur des autres groupes ne les porte.

L'objectif de ce chapitre est de mettre en évidence des parties du système d'instruments constitué par les opérateurs, à partir de l'utilisation de trois règles de sécurité : la règle de réalisation d'un contrôle d'absence de tension «au plus près du lieu de travail », la règle d'utilisation du VAT pour effectuer ces vérifications et la règle de condamnation.

## **1. LA RÈGLE FORMELLE DE RÉALISATION D'UN CONTRÔLE D'ABSENCE DE TENSION « AU PLUS PRÈS DU LIEU DE TRAVAIL »**

---

<sup>13</sup> Ces règles de sécurité sont présentées de façon détaillée au chapitre 5.

<sup>14</sup> Dans le domaine de la prévention des risques électriques, les vérifications d'absence de tension sont différenciés des mesures. Dans cette partie, nous conserverons cette distinction.

Après la coupure du disjoncteur, l'opérateur doit effectuer une vérification d'absence de tension « au plus près du lieu de travail ». Nous avons précédemment vu que tous les opérateurs effectuaient un tel contrôle. Il s'agit d'un schème de mise hors tension. Nous avons montré qu'il était multi-instrumenté (chapitre 7).

Nous reprenons ici les résultats portant sur les différents instruments constitutifs de ce schème, en nous intéressant cette fois au système d'instruments des opérateurs. Nous chercherons à mettre en évidence les relations de complémentarité et de redondance des fonctions, qui caractérisent les systèmes d'instruments.

Pour identifier les relations existant entre les différents instruments utilisés pour la mise hors tension, nous nous intéresserons dans un premier temps aux fonctions constituantes de la règle de vérification d'absence de tension. Il s'agit des fonctions prévues par le concepteur de l'instrument formel. Nous reviendrons sur les différents instruments constitutifs du schème de mise hors tension, en différenciant les instruments utilisés pour effectuer des contrôles d'atteinte du but de mise hors tension, et ceux qui sont mobilisés pour des contrôles locaux. Nous rappelons également les fonctions qui peuvent être attribuées aux différents instruments.

Nous considérons ici (tableau 21, page suivante) uniquement les situations dans lesquelles il n'existe pas de contraintes techniques empêchant d'effectuer la vérification sur l'objet à mettre hors tension, ce qui correspond à la situation que nous examinons.

Les fonctions de l'instrument 1 (tableau 22, page suivante) correspondent uniquement à l'adaptation de l'instrument formel aux variables de la situation traitée (tableau 21). Nous considérons que l'instrument 1 est un instrument formel : artefact formel dont l'utilisation est formelle.

Tableau 21 : Les fonctions de l'instrument formel

L'instrument formel	Les fonctions l'instrument
Après la coupure, faire une vérification d'absence de tension « au plus près du lieu de travail », sur tous les conducteurs actifs, y compris le neutre <sup>15</sup> .	<p style="text-align: center;">Identification de :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Échec de la mise hors tension :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dysfonctionnement de la fonction de sectionneur de l'élément de coupure.</li> <li>– Erreur latente de branchement sur le circuit de l'objet à mettre hors tension.</li> </ul> </li> <li>2. Erreur de l'opérateur : il n'a pas identifié le bon élément de coupure.</li> </ol>

<sup>15</sup> Cette précision est importante pour les branchements triphasés, mais n'intervient pas dans la situation traitée.

Tableau 22 : Les fonctions des deux instruments de contrôle d'atteinte du but constitutifs du schème de mise hors tension

Les instruments de contrôle d'atteinte du but	Les fonctions des instruments
<p>Instrument 1 :</p> <p>Utilisation de la règle de vérification pour effectuer un contrôle de tension uniquement sur le nœud amont du porte-fusibles.</p>	<p>Identification de :</p> <p>1. Échec de la mise hors tension            – <u>Dysfonctionnement de la fonction de sectionneur du disjoncteur.</u>            – <u>Erreur latente de branchement sur le circuit du porte-fusibles.</u></p> <p>2. Erreur de l'opérateur : il n'a pas coupé le bon disjoncteur.</p>
<p>Instrument 2, savoir-faire de prudence :</p> <p>Utilisation de la règle de vérification pour effectuer un contrôle de tension sur les deux nœuds de branchement du porte-fusibles, puis uniquement sur le nœud amont.</p>	<p>Identification de :</p> <p>1. Échec de la mise hors tension :            – <u>Dysfonctionnement de la fonction de sectionneur du disjoncteur.</u>            – <u>Erreur latente de branchement sur le circuit du porte-fusibles.</u></p> <p>2. Erreur latente de branchement du porte-fusibles.</p> <p>3. Erreur de l'opérateur : erreur de différenciation des deux nœuds de branchement du porte-fusibles ou <u>il n'a pas coupé le bon disjoncteur.</u></p>

*Les fonctions identiques des instruments sont soulignées.*

Tableau 23 : Les fonctions des différents instruments de contrôles locaux constitutifs du schème de mise hors tension <sup>16</sup>

Les instruments de contrôles locaux	Les fonctions des instruments
Utilisation du bouton déclencheur du disjoncteur.	<p>Identification de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dysfonctionnement de la fonction de différentiel du disjoncteur.</li> <li>– Erreur latente de branchement en amont du disjoncteur (il ne serait pas réalimenté).</li> </ul>
Utilisation de l'éclairage du quai, lors de la coupure d'un disjoncteur de l'éclairage du quai.	<p>Identification de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <u>Dysfonctionnement de la fonction de sectionneur du disjoncteur</u> (échec de la mise hors tension sur un branchement supposé partagé par deux circuits : éclairage du quai et panneau de sortie).</li> <li>– Erreur latente de branchement sur le circuit de l'éclairage du quai (sur un branchement supposé partagé par deux circuits : éclairage du quai et panneau de sortie).</li> </ul>
Utilisation de la règle de vérification pour effectuer un contrôle de tension sur le nœud de branchement aval du disjoncteur coupé.	<p>Identification de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <u>Dysfonctionnement de la fonction de sectionneur du disjoncteur</u> (échec de la mise hors tension sur un branchement intermédiaire).</li> <li>— Erreur latente de branchement : le nœud aval est réalimenté par un autre circuit (échec de la mise hors tension sur un branchement intermédiaire).</li> </ul>

*Nous avons souligné les fonctions identiques des instruments de contrôle d'atteinte du but et des instruments de contrôle local .*

<sup>16</sup> La manette du disjoncteur ne peut être utilisée que pour couper. Elle n'est donc pas un instrument de contrôle local, bien qu'elle soit intégrée au schème de mise hors tension multi-instrumentée. Elle n'est donc pas prise en compte ici.

La règle de sécurité de vérification d'absence de tension « au plus près du lieu de travail » permet de constituer trois instruments.

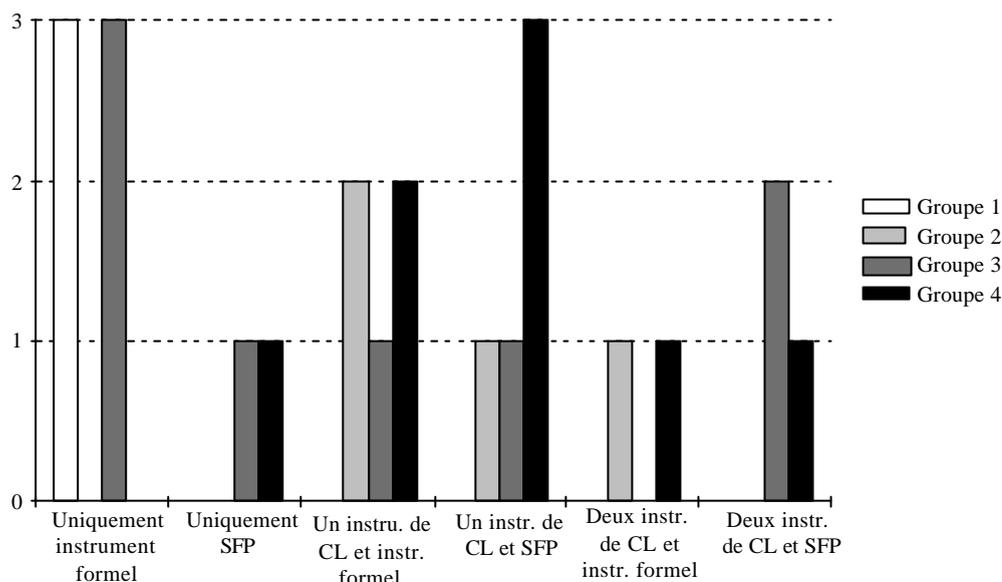
- Deux instruments de contrôle de l'atteinte du but sont constitués à partir de la règle : la vérification sur un seul des nœuds de branchement et la vérification sur les deux nœuds de branchement du porte-fusibles. Le premier est un instrument formel. Le second peut être qualifié d'utilisation informelle de l'artefact formel. Il constitue un savoir-faire de prudence. D'une part, ses fonctions complètent celles de l'instrument formel pour gérer les risques (tableau 22) ; d'autre part, cet instrument se substitue obligatoirement à l'instrument formel. Pour partie, les fonctions de ces deux instruments sont redondantes. Le savoir-faire de prudence peut en effet remplir toutes les fonctions de l'instrument formel (tableau 22). S'il se substitue à l'instrument formel, ses fonctions permettent alors de gérer les mêmes risques et, en même temps, elles « complètent les blancs » laissés par la règle, pour reprendre l'expression de Rousseau et Monteau (1991). Cet instrument contribue à la gestion de risques externes, mais aussi de risques internes, puisqu'il permet de détecter des erreurs commises par l'opérateur.

- La règle de sécurité permet également de constituer un instrument de contrôle local de la mise hors tension : la vérification d'absence de tension sur le nœud de branchement aval du disjoncteur coupé. Cet instrument est toujours utilisé conjointement à l'un des deux instruments de contrôle de l'atteinte du but. Il peut être qualifié d'utilisation informelle de l'artefact formel. Ces fonctions sont complémentaires de celles des deux instruments précédents (tableaux 22 et 23). Il permet en effet de faire des inférences sur la structure de la cascade de distribution (absence d'erreur de branchement sur le nœud aval de branchement du disjoncteur) et sur le fonctionnement de sectionneur du disjoncteur. Cet instrument est économique, puisqu'il permet de détecter cette anomalie dès la coupure, sans avoir à se déplacer jusqu'à l'autre extrémité du quai. Comparativement aux instruments 1 et 2 (tableau 22), il permet de faire des inférences plus précises.

Ce n'est pas le seul instrument de contrôle local que nous observons. Il s'agit aussi de l'utilisation du bouton déclencheur des disjoncteurs ou de éclairage du quai. Il s'agit de d'artefacts formels dont l'utilisation est informelle. Ces deux instruments sont toujours utilisés en association avec l'un des deux instruments de contrôle d'atteinte du but. Les fonctions de l'utilisation du bouton déclencheur et de l'éclairage du quai sont complémentaires de celles de ces deux instruments de contrôle d'atteinte du but (tableaux 22 et 23). En ce qui concerne l'usage de l'éclairage du quai, elles sont aussi pour partie redondantes : le dysfonctionnement de la fonction de sectionneur du disjoncteur peut également être identifié en utilisant les instruments 1 ou 2. Mais utiliser l'éclairage du quai est également plus économique : l'anomalie est identifiée dès la coupure, sans qu'on ait à se déplacer.

Afin d'examiner la redondance des fonctions des instruments utilisés ou leur complémentarité, nous rappelons les différents instruments de contrôle mis en œuvre par les opérateurs pour la mise hors tension.

Schéma 38 : Les instruments mis en œuvre par les opérateurs pour la mise hors tension<sup>17</sup>



« Instr. » : instrument ; « CL » : contrôle local, « SFP » : savoir-faire de prudence, c'est-à-dire contrôle sur les deux nœuds de branchement du porte-fusibles.

Groupe 1 : « jeunes » en formation en alternance ; groupe 2 : « jeunes » opérateurs ; groupe 3 : opérateurs expérimentés métier ; groupe 4 : opérateurs expérimentés métier et poste de travail.

- Les opérateurs du groupe 1 et trois opérateurs du groupe 3 ne mettent en œuvre aucun instrument de contrôle local, et l'instrument de contrôle d'atteinte du but est l'instrument formel (schéma 38).

- Deux opérateurs (des groupes 3 et 4) ne mettent en œuvre aucun des instruments de contrôle local. En revanche, l'instrument de contrôle d'atteinte de but utilisé constitue un savoir-faire de prudence (schéma 38, tableau 22).

- Cinq opérateurs (deux du groupe 2, un du groupe 3 et deux du groupe 4, schéma 38) utilisent un instrument de contrôle local et l'instrument formel. Les fonctions de ces instruments sont dans la plupart des cas complémentaires (tableaux 22 et 23).

Deux opérateurs (des groupes 2 et 4) utilisent un instrument de contrôle local supplémentaire. Les fonctions de ces instruments sont également complémentaires (tableaux

<sup>17</sup> À l'exclusion de la manette des disjoncteurs (voir plus haut).

22 et 23).

- Cinq opérateurs (un du groupe 2, un du groupe 3, trois du groupe 4) utilisent un instrument de contrôle local et un instrument de contrôle d'atteinte du but qui constitue un savoir-faire de prudence : utiliser la règle de sécurité pour effectuer une vérification sur les deux nœuds de branchement du porte-fusibles. Les fonctions de ces instruments sont dans la plupart des cas complémentaires (tableaux 22 et 23).

Trois opérateurs utilisent également un autre instrument de contrôle local. Leurs fonctions sont complémentaires (tableaux 22 et 23).

De la même façon que Rousseau, Monteau (1991) et Cru (1995), nous observons que les fonctions des savoir-faire de prudence complètent celles de la règle (instrument formel). D'après ces auteurs, les fonctions des savoir-faire de prudence ne sont pas redondantes avec celles des règles, elles ne font pas « double emploi ». Ce n'est pas ici le cas : les fonctions du savoir-faire de prudence sont pour partie redondantes et pour partie complémentaires de celles de l'instrument formel. C'est pourquoi il constitue un instrument plus sûr que la règle elle-même pour gérer les risques.

Pour résumer :

- Six opérateurs, soit 26 % des opérateurs de la simulation, utilisent uniquement l'instrument formel pour contrôler la mise hors tension. Soit ces opérateurs sont très peu expérimentés (groupe 1), soit ils n'ont qu'une expérience du métier (groupe 3).

- Les autres opérateurs disposent soit d'un savoir-faire de prudence pour contrôler l'atteinte du but, soit d'un instrument de contrôle du but et d'au moins un instrument de contrôle local. Les fonctions de ces instruments sont dans la majorité des cas complémentaires. La redondance des fonctions ne concerne que les instruments qui permettent de faire des inférences sur la fonction de sectionneur des disjoncteurs. Il s'agit de l'instrument formel ou du savoir-faire de prudence, et de l'utilisation de la règle de vérification pour contrôler le nœud aval du disjoncteur coupé ou de l'utilisation de l'éclairage du quai. Ces différenciations ne sont pas présentées au schéma 38 pour des raisons de lisibilité. Nous précisons toutefois que l'utilisation conjointe de l'un des instruments de contrôle d'atteinte du but et de l'un de ces instruments de contrôle local concerne dix opérateurs sur vingt-trois, soit 43,5 % de l'effectif total.

Complémentarité et redondance des fonctions des instruments sont les caractéristiques des systèmes d'instruments mis en évidence par Lefort (1978, 1982). Il semble donc bien que les opérateurs disposent d'un système d'instruments dont une partie est impliquée dans la mise hors tension.

S'intéressant aux procédures de sécurité, Mayen et Savoyant (1999) analysent deux

processus de genèse des règles : l'élaboration de nouvelles règles pour traiter un cas nouveau et la « réinvention de la règle » de sécurité.

Dans le premier cas, la genèse dépend de la conceptualisation de certaines dimensions du domaine d'activités. Dans le second, il s'agit pour les opérateurs de redécouvrir la nécessité de la règle de sécurité pour faire le choix de l'appliquer.

En analysant la règle de vérification d'absence de tension comme un artefact et en nous intéressant aux différentes utilisations que les opérateurs ont développées, nous montrons que la règle est bien perçue comme nécessaire par les opérateurs : la vérification d'absence de tension « au plus près du lieu de travail » est réalisée par tous. Ce n'est pas son application qui est en jeu, mais son extension. Elle devient un moyen de réalisation de contrôles locaux (mesures sur le disjoncteur) et/ou un savoir-faire de prudence (vérification des deux nœuds de branchement du porte-fusibles). Il s'agirait bien d'une « réinvention » de la nécessité de la règle. Elle ne conduirait pas uniquement ici à sa mise en œuvre, mais à sa transformation pour une meilleure efficacité. On observe une multi-instrumentalisation de la règle de vérification d'absence de tension.

Non seulement ces opérateurs semblent avoir intégré la nécessité des fonctions de la règle, mais d'autres fonctions sont développées. Ce développement s'appuierait ici sur l'extension des classes de situations — intégration de situations « anormales » — et sur le développement des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie. D'autre part, nous avons précédemment relevé que ces différents instruments étaient caractérisés par l'intégration des aspects techniques et sécuritaires du métier.

Comparativement, si nous nous référons aux résultats des analyses d'accidents et d'incidents <sup>18</sup>, nous relevons que les instruments permettant de réaliser des contrôles locaux (contrôle de tension sur le disjoncteur actionné, par exemple) peuvent se substituer à l'instrument permettant de contrôler l'atteinte du but (contrôle de tension « au plus près du lieu de travail »).

Nous nous référons à un accident : l'opérateur A4 doit changer le bouton d'arrêt d'urgence d'une armoire, elle-même alimentée par un circuit d'une autre armoire. Il met hors tension en ouvrant le disjoncteur correspondant dans la seconde, puis en coupant le disjoncteur général de la première. Il réalise de multiples contrôles locaux d'absence de tension. Deux de ces contrôles locaux relèvent de la mise en œuvre d'un instrument identifié également lors de l'analyse de la simulation : l'utilisation de la règle d'absence de tension pour effectuer des contrôles sur le nœud de branchement aval du disjoncteur coupé. Mais, en raison des contraintes situationnelles, cet opérateur n'effectue pas de contrôle de tension « au plus près du lieu de travail ». Or, si l'instrument mis en œuvre a également pour fonction l'identification

---

<sup>18</sup> Voir chapitre 4.

d'éventuels dysfonctionnements des disjoncteurs et d'éventuelles erreurs de branchement, il ne remplit pas les fonctions de la règle de sécurité (instrument formel). On peut faire l'hypothèse que, dans ce cas, l'opérateur n'a pas complètement conceptualisé la nécessité de la règle. Il aurait alors agi comme s'il tenait pour vraies les inférences sur le fonctionnement et la structure de l'ensemble de la cascade d'alimentation faites sur la base de prises d'informations qui n'étaient que partielles. Rappelons que l'opérateur a effectué trois contrôles locaux : deux sont réalisés à partir de la mise en œuvre de l'instrument mentionné plus haut, le troisième est un contrôle de la conformité du repérage d'un câble. L'opérateur en a inféré que la situation était « normale » et que l'élément à remplacer était hors tension. Or l'erreur de branchement ne se situait pas sur un point contrôlé.

Dans la simulation, certains instruments utilisés par les opérateurs pour compléter le contrôle d'atteinte du but sont constitués à partir d'autres artefacts que la règle elle-même : bouton déclencheur du disjoncteur, éclairage du quai.

Le bouton déclencheur des disjoncteurs et l'éclairage du quai sont des artefacts reconnus et recensés officiellement, pour reprendre les termes de Lefort (*op. cit.*). Le bouton déclencheur est un artefact conçu pour former un instrument sémique, au sens de Cuny (1981). Il peut être qualifié d'utilisation informelle d'un artefact formel. Ce n'est pas le cas de l'utilisation de l'éclairage du quai. Il n'a pas été conçu pour devenir un instrument sémique des opérateurs. Dans ce cas, le signifiant directement accessible dans l'environnement est sélectionné. Les utilisations de l'éclairage du quai et du bouton déclencheur développées par les opérateurs peuvent être qualifiées de catachrétiques et semblent liées à la disponibilité des artefacts. Nous retrouvons une caractéristique des artefacts soulignée par Rabardel (1999, pp. 250-251) : ils ont une « zone de valeur fonctionnelle partagée et relativement stable », si nous nous référons aux fonctions habituelles de l'éclairage et du bouton déclencheur, et une « valeur fonctionnelle située, contextuelle », si on se réfère à l'utilisation des opérateurs dans la simulation.

Nous n'abordons ici qu'une partie du système d'instruments élaboré par les opérateurs : celle qui concerne la mise hors tension. Le système d'instruments dont disposent les opérateurs les moins expérimentés est plus pauvre, uniquement constitué d'instruments formels, du moins pour la mise hors tension. Avec l'expérience du métier, les opérateurs disposent de davantage d'instruments dont les fonctions sont complémentaires et pour parties redondantes. Nous avons précédemment noté (chapitre 7) que le type d'instrument constitué dépendait de l'expérience au poste de travail, et qu'avec l'acquisition de l'expérience du métier l'objet de l'activité évoluait. La redondance et la complémentarité des fonctions des instruments mis en œuvre pour la mise hors tension confirment ces premières interprétations. Ces développements sont articulés à l'extension des classes de situations anormales que l'opérateur se représente et au développement des concepts pragmatiques. Ils semblent également liés à la

conceptualisation de la nécessité des fonctions de sécurité de la règle, ce qui ne contredit pas notre interprétation d'une conceptualisation liée au domaine d'activités dans lequel les opérateurs ont acquis leur expérience, étant donné que la règle examinée ici est commune aux domaines de l'électromécanique et de la maintenance du réseau de distribution de l'énergie.

## 2. LA RÈGLE FORMELLE D'UTILISATION DU VAT ET DU MULTIMÈTRE

Une règle formelle prescrit que le VAT doit être utilisé pour vérifier l'absence de tension, mais non pour réaliser des mesures (en volts, ou en ohms) ; dans ce cas, c'est le multimètre qui doit être choisi. La distinction entre vérification d'absence de tension et mesure relève de la séparation des aspects spécifiquement liés à la sécurité et des aspects techniques, que nous retrouvons par exemple pour les référentiels dans le cadre de la formation initiale<sup>19</sup>.

Si l'utilisation de cette règle de sécurité est conforme, les opérateurs devraient :

- réaliser une mesure avec le multimètre ;
- réaliser un contrôle d'absence de tension avec le VAT.

Deux instruments devraient donc être formés.

Dans la situation de simulation, cela signifie utiliser le VAT pour réaliser des contrôles d'absence de tension sur le porte-fusibles (c'est une vérification d'absence de tension) et utiliser le multimètre pour réaliser des contrôles de tension sur les nœuds de branchement du bornier (c'est une mesure). Si la stratégie de diagnostic des opérateurs les conduit à effectuer des mesures sur le bornier, ils devraient donc utiliser les deux instruments.

L'observable concerne alors l'utilisation du VAT ou du multimètre pour réaliser une mesure ou une vérification. Les instruments de mesure<sup>20</sup>, dont le VAT ou le multimètre est l'artefact, sont donc impliqués dans l'analyse du rapport à cette règle.

---

<sup>19</sup> Deux référentiels distincts ont en effet été élaborés.

<sup>20</sup> Voir annexe du chapitre 8.

Tableau 24 : L'utilisation du VAT et du multimètre <sup>21</sup>

	Groupe 1 (N = 3)	Groupe 2 (N = 4)	Groupe 3 (N = 8)	Groupe 4 (N = 8)
Utilisation du VAT et du multimètre	0	0	1	3
Utilisation conforme du multimètre	0	0	0	0
Utilisation non conforme du multimètre	0	2	3	7
Utilisation non conforme du VAT	1	0	6	3
Utilisation conforme du VAT	2	2	0	1

*Les opérateurs peuvent avoir une utilisation conforme ou non du VAT et/ou du multimètre et utiliser les deux artefacts.*

*Groupe 1 : « jeunes » en formation en alternance ; groupe 2 : « jeunes » opérateurs ; groupe 3 : opérateurs expérimentés métier ; groupe 4 : opérateurs expérimentés métier et poste de travail.  
N représente l'effectif du groupe.*

Seuls cinq opérateurs utilisent le VAT de façon conforme (tableau 24). Aucun n'utilise le multimètre de façon conforme. Peu d'opérateurs utilisent les deux artefacts (4 sur 23) et cette utilisation n'est pas toujours conforme à la règle de sécurité (voir schéma 39, plus loin). La majorité des opérateurs n'utilisent qu'un seul artefact. Dans tous ces cas, l'artefact choisi pour réaliser le premier contrôle de tension est conservé par la suite. Dix-huit opérateurs ont donc une utilisation qui contrevient à ce qui est prescrit.

L'instrument développé par ces opérateurs est constitué de la règle formelle comme artefact et d'un schème d'utilisation qui peut s'exprimer de la façon suivante :

« Que ce soit pour réaliser une mesure en tension ou une vérification d'absence de tension, utiliser toujours le même instrument de mesure. »

L'instrument constitué traduit l'intégration des aspects techniques et sécuritaires. En effet, ces opérateurs ne différencient pas mesure et vérification, contrairement au prescrit. Les fonctions attribuées aux artefacts VAT et multimètre sont identiques : contrôler l'absence de tension, réaliser des mesures. Cet instrument semble se développer avec l'expérience du métier, les utilisations non conformes étant plus importantes en fonction de cette variable.

<sup>21</sup> Détail en annexe du chapitre 8.

Un seul opérateur (opérateur 2, groupe 1) réalise une mesure en ohms sous tension avec le VAT. D'une part, en référence à la règle formelle, cette mesure devrait être réalisée avec le multimètre, d'autre part, une seconde règle est ici en jeu : ces mesures doivent être réalisées hors tension, étant donné le risque de détérioration de l'artefact, qu'il s'agisse d'ailleurs du VAT ou du multimètre. Un seul opérateur réalise une telle mesure : l'opérateur 19. Elle est effectuée avec le multimètre, comme toutes les mesures et vérifications qu'il réalise, et après la mise hors tension du circuit concerné.

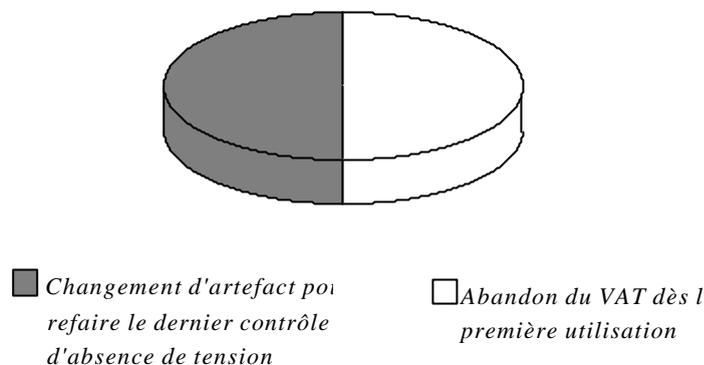
L'instrument développé par ces deux opérateurs est constitué de la règle formelle comme artefact et d'un schéma d'utilisation que l'on peut préciser de la façon suivante :

« Quelle que soit l'unité de mesure (volts, ohms), qu'il s'agisse d'une mesure ou d'une vérification, utiliser toujours le même artefact (VAT ou multimètre). »

Mais l'utilisation non conforme du VAT de l'opérateur 2 semble résulter d'une moindre intégration de connaissances techniques sur le fonctionnement de l'artefact, qui disparaîtrait avec le développement de l'expérience, si on se réfère à l'utilisation de l'opérateur 19.

Sur ce premier point, dans tous ces cas, l'artefact est formel, mais pas son utilisation. Contrairement à ce qui est prévu par le concepteur, les fonctions techniques et sécuritaires ne sont pas différenciées. Les fonctions attribuées aux instruments sont identiques, ce qui permet la substitution. Elle résulterait de l'intégration des dimensions techniques et sécuritaires, et se développerait avec l'expérience du métier. En effet, si nous retrouvons la mise en œuvre d'un tel instrument par un opérateur très peu expérimenté, il semble que cela résulte plutôt d'une moindre connaissance technique.

Schéma 39 : L'utilisation des deux artefacts, VAT et multimètre



Les quatre opérateurs qui utilisent les deux artefacts (tableau 24, précédent) réalisent les changements à des moments différents et pour des raisons diverses (schéma 39). Nous détaillerons d'abord les utilisations des opérateurs 6 et 16, puis celles des opérateurs 11 et 17.

- Les opérateurs 6 et 16 choisissent d'abord le VAT pour effectuer une première vérification d'absence de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie.

En essayant de réaliser l'opération, l'opérateur 6 décide d'utiliser le multimètre. Il précise : « Ça passe pas. » Il n'arrive pas à mettre les pointes de touche du VAT en contact avec le nœud de branchement.

L'opérateur 16 choisit le multimètre après qu'il a réalisé un premier contrôle, pour lequel il n'identifie pas de tension. Le formateur intervient pour signaler l'erreur (chapitre 6). Le VAT est abandonné à ce moment.

Les changements d'artefact effectués par les opérateurs 6 et 16 semblent donc dus à des difficultés d'utilisation du VAT.

Nous retrouvons ici une utilisation de la règle précédemment identifiée. Le schème d'utilisation peut être exprimé de la façon suivante :

« Que ce soit pour réaliser une mesure en tension ou une vérification d'absence de tension, utiliser toujours le même instrument de mesure. »

L'instrument de mesure mobilisé semble dépendre des contraintes d'utilisation de l'artefact VAT ou multimètre. Les fonctions attribuées aux deux instruments sont identiques.

De façon complémentaire, des difficultés d'utilisation sont également observées pour les opérateurs 7 et 20 du groupe 3 (l'opérateur 6 étant ici également impliqué) :

En situation, l'opérateur 7 utilise un VAT modifié : les pointes de touche rétractables ont été remplacées par des pointes de touches qui ne le sont pas.

Les opérateurs 6 et 20 utilisent le VAT mis à leur disposition pour la simulation. En situation, le premier précise qu'il a sectionné les enveloppes protectrices rétractables de son propre VAT<sup>22</sup>. L'opérateur 20 apporte la même précision en autoconfrontation, lors de l'échange suivant :

« Vous m'avez dit tout à l'heure que vous avez coupez la protection des pointes de touche qui est difficile à rétracter.

— **Oui, je ne vous le cache pas.** Parce que **c'est galère à appuyer**, c'est galère. Certains borniers sont difficiles d'accès, en visualisation **parce qu'on appuie de plus en plus fort, on visualise plus la sauce parce qu'on s'est dit qu'on a coupé le DJ**, donc on regarde comme ça. Et puis après peut-être qu'il y avait de la sauce. Alors que là c'est clair, c'est bon. »

Des difficultés sont également relatées par d'autres opérateurs utilisant le VAT. Par exemple, l'opérateur 3 en autoconfrontation :

« **On sait pas si on est sur l'âme en cuivre ou si on est sur le plastique, et vu comment c'est placé**, parce qu'on a juste le porte-fusibles et puis au-dessus il y a le fluo<sup>23</sup>, donc **pour passer c'est pas évident.** »

Si l'on se réfère à la triade caractéristique des activités avec instruments<sup>24</sup> (Rabardel, 1995), les relations problématiques concernent celles de l'artefact et de l'environnement (« ça passe pas », comme le précise l'opérateur 6), qui déterminent la relation entre l'instrument et l'objet, c'est-à-dire le contact entre les pointes de touche et le noûd de branchement. Cette relation a une seconde précondition : l'enveloppe protectrice des pointes de touche doit être rétractée — relations entre le sujet et l'instrument — pour que le contact puisse être établi entre les pointes de touche et le noûd de branchement.

Les modifications apportées par les opérateurs 6, 7 et 20 ont un objectif identique : supprimer les contraintes dues aux enveloppes protectrices et faciliter ainsi le contact entre les pointes de touche du VAT et le noûd de branchement.

Ici, l'artefact est informel, mais son utilisation demeure formelle. Elle correspond en effet à ce qui est prévu par le concepteur : il s'agit toujours de poser les pointes de touche de l'appareil au contact d'un noûd de branchement, de le maintenir et d'interpréter le signal sonore émis, ou son absence (présence ou absence de tension).

---

<sup>22</sup> Ligne 47 du protocole.

<sup>23</sup> Néon d'éclairage.

<sup>24</sup> Les relations sujet-objet-instrument sont détaillées dans les annexes du chapitre 8.

Comparativement aux travaux de Lefort (1978, 1982), une différenciation supplémentaire est introduite : un instrument formel peut être constitué d'un artefact informel et d'un schème d'utilisation formel.

- Ce n'est pas le cas des opérateurs 11 et 17 (schéma 39, plus haut). L'opérateur 11 utilise le multimètre pour toute vérification et mesure. Lors du dernier contrôle, il observe la présence d'une tension résiduelle alors qu'il s'attend à une absence de tension. Il refait le contrôle avec le VAT. Dans la situation d'autoconfrontation, il précise :

« En plus c'est un nouvel appareil qu'on a : le métrix (*multimètre*). C'est nouveau. Et, d'après la notice, il garde toujours plus ou moins une petite tension résiduelle, donc **des fois, on a beau le remettre à zéro, il nous indique toujours 2 ou 3 volts**. Alors bon **le VAT est là pour confirmer**, juste pour confirmer. C'est pas dit qu'il est plus fiable, mais quand on le met lui aussi, s'il nous dit qu'il y a zéro, normalement il y a zéro. »

Pour cet opérateur, les instruments formés avec le VAT et le multimètre ont des fonctions identiques. L'opérateur les met en œuvre en fonction de ses attentes quant au résultat du contrôle — il s'attend à une absence de tension et identifie une tension résiduelle — et des caractéristiques de fonctionnement respectives des artefacts — le multimètre présente un « défaut » auquel le VAT n'est pas sujet. Le second contrôle avec le VAT permet d'être sûr de la valeur lue.

Par ailleurs, ce changement d'artefact est indicateur de l'intégration des aspects sécuritaires et des aspects techniques. En effet, la présence de tension résiduelle modifie la nature du problème traité : il ne s'agit plus d'une erreur de branchement, mais d'un défaut des liaisons à la terre, qui pose des problèmes de sécurité de nature différente. Ce qui explique que l'opérateur réalise un nouveau contrôle bien qu'il sache que la tension résiduelle identifiée puisse être liée au fonctionnement de l'artefact.

En référence aux travaux de Rousseau et Monteau (1991), on pourrait interpréter ce comportement comme une utilisation contextuelle de la règle de sécurité. Elle serait alors violée ou respectée en fonction des caractéristiques de la situation traitée. Mais la violation masque alors la gestion des risques par l'opérateur. En effet, violer la règle ne signifie pas pour autant que l'opérateur ne gère pas les risques. Ici, il dispose de deux instruments dont les fonctions sont identiques, mais qui sont mis en œuvre en fonction des caractéristiques des situations et de celles des artefacts. L'un est un instrument formel (utilisation du VAT), l'autre est constitué d'un artefact formel dont l'utilisation est informelle (utilisation du multimètre). La redondance des fonctions permet une meilleure adaptation aux caractéristiques de la situation, comme le note également Lefort (*op. cit.*). Elle permet ici la gestion des risques.

L'opérateur 17 (schéma 39, plus haut) procède de façon inverse : il utilise le VAT durant toute la réalisation de la tâche et refait le dernier contrôle avec le multimètre. Nous ne disposons pas ici de données d'autoconfrontation, mais uniquement des verbalisations produites durant la réalisation de la tâche. Après la réalisation de la dernière vérification avec le VAT, il dit :

« Alors là, il y a plus de jus. Je vais prendre au métrix de toute façon **parce que je m'ensers pas trop (le VAT).** »

Ces propos conduisent à faire l'hypothèse qu'il n'utilise pas habituellement le VAT. Ce qui peut être dû aux conditions de réalisation de la simulation<sup>25</sup>. Ils peuvent être interprétés comme le fait qu'il juge le VAT peu fiable ou comme une marque de métaconnaissance sur ses propres compétences (Valot *et al.*, 1993) : l'opérateur sait qu'il ne maîtrise pas suffisamment l'utilisation du VAT.

Comme précédemment (opérateur 11), cet opérateur dispose de deux instruments qui ont des fonctions redondantes. Mais ici la mise en œuvre de l'un ou l'autre de ces instruments ne semble pas relever des caractéristiques de la situation, mais de celle de l'artefact ou des métaconnaissances de l'opérateur.

Pour résumer, en considérant la règle formelle de sécurité comme un artefact, un schème d'utilisation identique est identifié pour dix-huit opérateurs :

« Que ce soit pour réaliser une mesure en tension ou une vérification, utiliser toujours le même instrument de mesure. »

Cet instrument traduit l'intégration des dimensions techniques et sécuritaires, et semble plutôt se développer avec l'expérience du métier. Il conduit à privilégier un instrument de mesure constitué soit à partir du VAT, soit à partir du multimètre.

Analyser le rapport à cette règle de sécurité conduit à examiner les instruments de mesure des opérateurs. Ils remplissent la même fonction.

Les instruments de mesure sont des instruments sémiques (Cuny, 1981). D'une part, ils sont mis en œuvre en fonction des contraintes d'utilisation et de fonctionnement des artefacts VAT et multimètre et, d'autre part, ils sont utilisés en référence aux fonctions qui peuvent leur être attribuées. En effet, douze opérateurs sur vingt-trois choisissent le multimètre, avec lequel il est possible d'effectuer des mesures en volts, mais également en ohms et en ampères. L'artefact privilégié est donc celui qui remplit le plus grand nombre de fonctions et peut

---

<sup>25</sup> Notamment, parce que deux des formateurs assurent la formation à la prévention des risques professionnels et occupent la fonction de « chargé de prévention » dans l'entreprise.

constituer plusieurs instruments.

Lefort (1978, p. 75) fait une observation identique : un tournevis « standard » n'est jamais utilisé de façon formelle. Les objets sur lesquels l'opérateur doit agir ne sont jamais pourvus de vis standards. Ce tournevis apparaît a priori inutile. Toutefois, les opérateurs en sont toujours munis car « il peut servir au démontage d'un outil défectueux (par exemple, une perceuse). Il peut aussi suppléer à des déficiences dans l'outillage disponible et prendre alors des fonctions différentes ». Les opérateurs emportent toujours ce tournevis, parce qu'il permet de constituer plusieurs instruments.

Mais le multimètre est également un artefact obligatoire pour un électricien. Le privilégier est donc aussi économique.

De plus, VAT et multimètre peuvent être utilisés de façon à adapter l'instrument aux caractéristiques de la situation. Interpréter ce comportement comme une mise en œuvre contextuelle de la règle formelle conduit à masquer que, même en cas de violation, les risques peuvent être gérés par l'opérateur. Il s'appuie alors sur la redondance des fonctions des instruments dont il dispose pour une meilleure adaptation de leurs caractéristiques à celles des situations.

Les instruments peuvent aussi être utilisés en fonction des métaconnaissances portant sur les compétences.

### **3. LA RÈGLE FORMELLE DE CONDAMNATION APRÈS LA COUPURE D'UN DISJONCTEUR**

Après la coupure d'un disjoncteur, l'opérateur doit effectuer une condamnation. Elle consiste à poser un cadenas maintenant la manette du disjoncteur en position ouverte et à poser une pancarte de signalisation indiquant que le disjoncteur ne doit pas être manœuvré.

La fonction du cadenas est d'empêcher toute action sur le disjoncteur pendant que l'opérateur effectue la réparation. La fonction de la signalisation est d'informer d'autres opérateurs qu'ils ne doivent pas actionner le disjoncteur. Il s'agit de protéger l'opérateur d'éventuelles interventions d'une autre personne partageant le même lieu et/ou les mêmes objets de travail. Il s'agit alors de protéger les opérateurs des risques qui peuvent être induits par la coactivité.

Tableau 25 : La mise en œuvre de la règle de condamnation d'un disjoncteur

	Condamnation réalisée de façon conforme	Référence à la condamnation	Mise en œuvre d'un moyen de substitution	Référence à un moyen de substitution
Groupe 1 (N = 3)	op. 3			
Groupe 2 (N = 4)		op. 18		
Groupe 3 (N = 8)	op. 14			op. 4, op. 19
Groupe 4 (N = 8)	op. 9		op. 11, op. 12, op. 17	

« Référence » signifie qu'en situation l'opérateur fait référence à la règle de sécurité, par exemple, mais ne la met pas en œuvre.

Groupe 1 : « jeunes » en formation en alternance ; groupe 2 : « jeunes » opérateurs ; groupe 3 : opérateurs expérimentés métier ; groupe 4 : opérateurs expérimentés métier et poste de travail.

Peu d'opérateurs ont effectué la condamnation ou y ont fait référence (tableau 25). Il s'agit sans doute d'une limite de la situation de simulation. Seuls les acteurs de la simulation et les expérimentateurs sont présents sur le quai et personne d'autre n'a accès au lieu. De fait, le risque de réenclenchement du disjoncteur est éliminé. Par exemple, l'opérateur 20 le précise en autoconfrontation :

« **Je suis seul. Il y a aucun risque que quelqu'un le remette**, donc j'ai même pas envisagé ça. »

Cette limite rend plus aléatoire une analyse des instruments de condamnation.

Toutefois, nous notons que trois opérateurs mettent en œuvre des moyens de substitution, et que deux opérateurs font référence à de tels moyens en situation (tableau 25). Trois autres opérateurs y font également référence en autoconfrontation. Il s'agit d'opérateurs ayant une expérience du métier et/ou du poste de travail (groupes 3 et 4).

- Les opérateurs 11 et 17 posent de l'adhésif noir en croix sur le disjoncteur actionné. Moyen de substitution auquel l'opérateur 4 fait référence en situation, mais qu'il ne met pas en œuvre.

L'artefact est ici constitué par le ruban adhésif, le schème d'utilisation par la pose en croix sur le disjoncteur, la croix constituant un signal pour d'autres opérateurs.

- L'opérateur 12 débranche les fils aval du disjoncteur et les écarte de façon qu'ils n'entrent pas en contact. En situation, il précise que normalement il les connecte à un

« domino ».

L'instrument est composé de deux sortes d'artefacts (les fils, le domino) et d'un schème d'utilisation : débrancher les fils, les écarter et les connecter à un domino.

• En situation, l'opérateur 19 fait référence à un autre moyen de substitution. Les opérateurs travaillent systématiquement en binôme, de sorte que l'un d'eux se déplace pour effectuer le contrôle d'absence de tension, pendant que l'autre reste devant l'armoire. La gestion du risque s'appuie ici sur la répartition des tâches au sein du binôme. Les opérateurs 20, 9 et 10 y font également référence en situation d'auto-confrontation. Par exemple, l'opérateur 10 précise :

« Là j'aurais dû consigner le disjoncteur. **C'est toujours pareil, on travaille à deux : il y en a un qui reste à l'armoire.** »

Plusieurs schèmes d'utilisation de cette règle formelle de sécurité peuvent être inférés :

• « Après la coupure d'un disjoncteur, signaler l'intervention. »

Trois opérateurs sont concernés (opérateurs 4, 11 et 17). L'instrument mis en œuvre ne prend en compte que la signalisation.

Il donne lieu à la mise en œuvre d'un instrument de condamnation, sémique (Cuny, 1981), dont le signifiant est un signal. Il peut également être qualifié d'instrument psychologique (Vygotski, 1934/1997) : il médiatise le rapport à autrui, le signal étant destiné à d'autres opérateurs.

• « Après la coupure d'un disjoncteur, empêcher son réenclenchement et signaler l'intervention. »

Ce moyen est utilisé par cinq opérateurs (opérateurs 9, 10, 12, 19 et 20). Il ne donne pas systématiquement lieu à la mise en œuvre d'un instrument. Quatre opérateurs s'appuient sur la répartition des tâches au sein du binôme. Un seul opérateur met en œuvre un instrument (opérateur 12). Il s'agit, pour partie, d'un instrument sémique : il constitue un signal pour d'autres opérateurs. Dans ce sens, il est un instrument psychologique (Vygotski, *op. cit.*), mais il est également pour partie un instrument technique, puisqu'il modifie les caractéristiques d'un objet externe : le disjoncteur.

Tableau 26 : Les instruments de condamnation et de signalisation

Les instruments	Fonctions de sécurité	Autre utilisation possible pour du même artefact
L'instrument formel : – Poser un cadenas.  – Poser une étiquette.	– Condamner  – Signaler	
Utilisation informelle d'un artefact formel :  Poser du scotch en croix.	Signaler.	Le scotch peut être utiliser pour isoler.
Utilisation informelle d'un artefact formel :  – Déconnecter les fils aval du disjoncteur coupé  – Les raccorder à un domino	- Condamner.  - Signaler.	Le domino peut être utilisé pour un raccordement.

Nous examinons d'abord plus précisément les fonctions qui peuvent être attribuées aux artefacts.

- Poser du scotch en croix sur un disjoncteur remplit ici une fonction de signalisation (tableau 26). En même temps, le scotch est conçu pour isoler. Il peut donc remplir d'autres fonctions de sécurité. C'est une utilisation informelle d'un artefact formel. Cet artefact permet aussi bien de constituer un instrument psychologique — poser du scotch en croix médiatise le rapport aux autres — qu'un instrument technique modifiant les propriétés d'un objet (isoler). Les opérateurs peuvent ainsi lui attribuer deux fonctions de sécurité.

- Débrancher les fils, comme le fait l'opérateur 12, est a priori tout aussi coûteux que la mise en œuvre de la règle de condamnation. Toutefois, les fils sont obligatoirement disponibles, et l'instrument de l'opérateur ne nécessite que de disposer d'un domino, artefact qui peut remplir d'autres fonctions, comme le raccordement (tableau 26). Ce n'est pas le cas d'une pancarte ou d'un cadenas. L'opérateur a donc privilégié un artefact qui peut remplir à la fois des fonctions sécuritaires et techniques. Par ailleurs, rendre le débranchement des fils visible pour d'autres opérateurs constitue un instrument psychologique.

Les artefacts privilégiés peuvent systématiquement remplir d'autres fonctions : techniques et/ou sécuritaires. Nous retrouvons ici le choix d'un artefact pouvant remplir plusieurs

fonctions, relevé par Lefort (1978, 1982). Dans l'ensemble, les moyens de substitution mis en œuvre ou cités évitent de recourir à des artefacts trop spécialisés, comme le sont le cadenas et la pancarte.

Étant donné les limites de la simulation, l'examen du rapport à cette règle n'est que partiel. Nous identifions toutefois deux instruments formés à partir de la règle de sécurité.

- Le premier ne remplit qu'une partie des fonctions de la règle : la signalisation (tableau 26). À partir des travaux de Mayen et de Savoyant (1999), on peut faire l'hypothèse que la fonction de condamnation de la règle n'est pas perçue comme nécessaire par ces opérateurs.

- Le second instrument remplit des fonctions identiques à la règle formelle (tableau 26).

Il s'agit d'instruments sémiotiques (Cuny, *op. cit.*) qui médiatisent le rapport à d'autres opérateurs, susceptibles de partager le même lieu, voire les mêmes objets de travail : l'utilisation du ruban adhésif, le débranchement des fils avec la pose d'un domino. Ce dernier n'a pas uniquement pour fonction d'informer, il rend inopérante l'action sur un disjoncteur. Médiateurs du rapport du sujet à d'autres opérateurs, il peut être qualifié d'instrument psychologique (Vygotski, 1934/1997). Mais, en même temps, l'instrument de condamnation de l'opérateur 12 est à la fois instrument technique et instrument psychologique. Ainsi, comme le soutient Rabardel (1999), la médiation à soi ou aux autres ne relève pas toujours d'une classe spécifique d'instruments, comme le sont les instruments psychologiques pour Vygotski (*op. cit.*).

Les instruments ne sont pas les seuls moyens dont disposent les opérateurs pour gérer le risque de remise sous tension d'un circuit coupé sur lequel ils interviennent. Un autre moyen est cité : la répartition des tâches au sein du binôme.

Les deux instruments identifiés se substituent à l'instrument formel que représente la mise en œuvre de la règle de condamnation. Du point de vue des opérateurs, ils semblent avoir des fonctions redondantes en regard de celles de l'instrument formel. Ce n'est toutefois pas réellement le cas : l'un des deux ne remplit que la fonction de signalisation et non celle de condamnation. La mise en œuvre de cet instrument peut constituer une conduite sûre dans la mesure où les autres opérateurs savent interpréter le signal. Il est ici destiné, adressé, à une collectivité de travail, et on peut faire l'hypothèse que cet instrument est partagé dans cette collectivité. Dans ce cadre, il contribue à gérer des risques produits par la coactivité. Mais, dans un contexte de réorganisation, tel que celui de l'entreprise qui a accueilli ce travail, il pourrait s'avérer insuffisant. En effet, des opérateurs n'appartenant pas à cette collectivité sont maintenant habilités à réenclencher un disjoncteur. Cet instrument peut alors se révéler dangereux.

## 4. SYNTHÈSE

Les règles de sécurité sont ici abordées dans le cadre des activités avec instruments (Rabardel, 1995). Comme le précise Clot (1997, p. 118), « l'intérêt de cette approche est qu'elle peut rapporter des faits, compris d'habitude comme des transgressions ou des écarts de conduite, à l'activité d'un ou de plusieurs sujets cherchant les moyens d'atteindre leurs buts — même implicites ».

Les instruments constitués par les opérateurs ne sont pas isolés, ils forment un système, qui offre aussi bien des moyens complémentaires de gestion des risques que des moyens redondants, pour tout ou partie des fonctions des règles de sécurité. De plus, un instrument des opérateurs est caractérisé par plusieurs fonctions, dont certaines sont redondantes et d'autres complémentaires de celle de la règle de sécurité. Nous considérons qu'il constitue un savoir-faire de prudence.

Contrairement aux observations de Rousseau *et al.* (1991) et de Cru (1995), les savoir-faire de prudence ne sont donc pas uniquement des compléments des règles formelles.

Dans son rapport aux règles, l'opérateur adopte des comportements économiques, comme le démontrent Battmann et Klumb (1993) ou comme le précise Reason (1993) à propos des violations routinières. Mais pas uniquement : les systèmes d'instruments développés permettent une certaine souplesse d'utilisation et une meilleure adaptation aux caractéristiques de la situation traitée. Ils ont aussi une certaine efficacité. Considérer que les règles de sécurité ne sont pas violées ou appliquées mais utilisées permet en outre de souligner l'évolution de leur utilisation en fonction du degré du champ de l'expérience, de rendre compte de la constitution de nouveaux instruments, mais aussi de montrer l'évolution des objets de l'activité des opérateurs. Nous pouvons préciser, pour certains des instruments analysés, que ce développement est lié à l'extension des classes de situations et au développement des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie. L'un des enjeux de ce développement est l'intégration de la nécessité des fonctions de sécurité d'une règle. Le rapport aux règles de sécurité ne peut donc pas se réduire à la relation coût/économie. Et, de notre point de vue, il doit être placé dans une perspective développementale.

Les instruments des opérateurs s'appuient plutôt sur des artefacts multifonctionnels, intégrant des aspects sécuritaires et/ou techniques, par opposition à des artefacts trop spécialisés. Cela peut être lié à la nature des contraintes de travail et aux caractéristiques des objets sur lesquels ils interviennent. En effet, les outils de travail peuvent être transportés sur des distances assez importantes — les secteurs d'interventions étant constitués par une ligne complète du métro. Par ailleurs, dans l'entreprise, les pannes sont en grande partie signalées par des non-électriciens, et les opérateurs doivent intervenir sur des objets de natures, de

modèles et de générations divers. Ainsi, pour éviter de transporter des sacs trop lourdes et pour faire face à l'imprévu, des artefacts multifonctionnels semblent plus adaptés. On retrouve la notion d'équilibre entre économie et efficacité soulignée par Lefort (1978, 1982).

L'opérateur 12 le précise en autoconfrontation :

« Avec tout l'outillage qu'on a, comme on fait tout en même temps, il faut un outillage fou. Donc **on prend le minimum**, parce que **sinon j'ai une musette, il en faudrait deux** [...] **Ce qui est le plus pratique**. [...] Disons qu'un tournevis, on va essayer de prendre des tournevis isolés, parce que souvent **ils nous permettent de faire les deux**. »

Le système d'instruments des opérateurs s'enrichit avec le développement de l'expérience du métier et du poste de travail. Pour partie, il s'agit d'instruments sémiotiques (Cuny, 1981). Ils sont composés d'artefacts recensés et reconnus, mais également sélectionnés dans l'environnement. Pour reprendre les termes de Rabardel (1999), certains semblent avoir « une zone de valeur fonctionnelle partagée relativement stable » : le VAT et le multimètre, par exemple. D'autres sont plutôt caractérisés par « une valeur fonctionnelle située, contextuelle » et leur utilisation serait liée à leur disponibilité : bouton déclencheur des disjoncteurs, éclairage du quai, fils.... Mais la disponibilité n'est pas le seul critère. Le développement d'instruments informels s'appuie aussi sur l'intégration des aspects techniques et sécuritaires, sur la multifonctionnalité, et les contraintes d'utilisation et de fonctionnement.

Les systèmes d'instruments identifiés par Lefort (*op. cit.*) ne concernent que des artefacts matériels. Ce n'est pas ici le cas. Ces systèmes sont constitués aussi bien à partir d'artefacts matériels qu'à partir des règles de sécurité. De plus, pour Lefort, il s'agit d'artefacts formels, dont l'utilisation est formelle ou non, et d'instruments informels. Nos résultats amènent à établir une dernière différenciation : les instruments formels peuvent être constitués d'artefacts informels, dont l'utilisation est formelle ou non.

Les instruments ne sont pas les seuls moyens de gestion des risques dont disposent les opérateurs. Au lieu de mettre en œuvre les moyens prévus par une règle formelle, les opérateurs peuvent assurer leur sécurité par la répartition des tâches. Les activités collectives sont également un moyen d'assurer la sécurité, comme le démontrent Llory (1997) ou De la Garza et Weill-Fassina (1995), par exemple.

L'une des dimensions des compétences critiques pour gérer les risques professionnels est l'intégration de la nécessité des fonctions de sécurité des règles formelles, cette intégration s'articulant à l'extension des classes de situations et au développement de concepts pragmatiques. Que les instruments prévus par la règle soient ceux qui sont mobilisés par les

opérateurs paraît secondaire, dans la mesure où ils remplissent au moins les mêmes fonctions que la règle. La non mise en œuvre d'une règle de sécurité est souvent jugée comme une erreur et/ou une violation, dans la mesure où elle est un écart à la norme que représente la règle. Le point de vue que nous avons adopté permet de réinterroger la norme, qui est toujours ambiguë (Leplat, 1998), en considérant les fonctions que remplissent les instruments des opérateurs pour gérer les risques.

Au regard de l'évolution de l'organisation du travail dans l'entreprise, qui conduit à faire plus souvent appel à des entreprises sous-traitantes et à permettre à des opérateurs non électriciens d'intervenir sur les armoires électriques pour réaliser des opérations de maintenance de premier niveau, certains des instruments informels des opérateurs, dont les fonctions ne sont pas totalement redondantes avec celles des règles de sécurité, peuvent devenir dangereux. L'organisation du travail peut ainsi modifier considérablement l'efficacité des instruments élaborés par les opérateurs pour la gestion des risques professionnels.

Nous n'analysons qu'une petite partie du système d'instruments des opérateurs (le tableau 27, plus loin, résume les différents instruments analysés). Il s'agit là d'une limite de la simulation. Pouvoir observer les opérateurs dans différentes classes de situations nous aurait sans doute permis d'approfondir cette première analyse. En effet, certains des instruments analysés, ou leurs relations, ne sont le fait que de peu d'opérateurs, voire d'un seul. Nos résultats peuvent alors être interprétés comme relevant de différences interindividuelles. Des observations en situations réelles de travail nous auraient certainement permis de relever davantage d'éléments montrant que ces instruments sont partagés, socialisés, comme nous le postulons.

Concernant l'existence d'un système d'instruments, nous retrouvons toutefois des traces de redondance des fonctions dans l'analyse des accidents (chapitre 4). Par exemple, porter des gants de manutention à la place des gants isolants quand l'intensité est jugée faible. C'est un point qui n'apparaît pas dans la simulation analysée. La majorité des opérateurs ne porte pas leurs gants, mais aucun artefact n'est utilisé pour les remplacer. On peut faire l'hypothèse qu'avec le développement d'habiletés manuelles et posturales, les opérateurs les jugent inutiles. Les compétences critiques seraient alors liées au développement de métaconnaissances de compétences, comme nous en faisons l'hypothèse pour des opérateurs du groupe 2 dont les décisions conduisaient à gérer simultanément plusieurs types de risques, notamment parce qu'ils ne portaient pas leurs gants (chapitre 6). Pour pouvoir examiner plus précisément cette hypothèse un autre dispositif aurait été nécessaire, puisqu'il était ici, par exemple, impossible de recueillir des observables sur la façon dont les fils étaient manipulés. Enfin, les ÉPI comme les gants ou les lunettes posent des problèmes spécifiques puisqu'il s'agit de prothèses souvent difficiles à supporter, et notamment des problèmes de conception analysés, par exemple, par Krawsky et Davillerd (1997).

Tableau 27 : Synthèse des éléments analysés du système d'instruments des opérateurs

Les instruments	Les fonctions	Groupe 1 (N = 3)	Groupe 2 (N = 4)	Groupe 3 (N = 8)	Groupe 4 (N = 8)
<p><u>1. La mise hors tension</u></p> <p>1.1. Instruments de contrôle d'atteinte du but :</p> <p>– Vérification d'absence de tension pour effectuer un contrôle uniquement sur le nœud de branchement amont du porte-fusibles.</p>	<p>Identification de :</p> <p>1. Échec de la mise hors tension :</p> <p>– Dysfonctionnement de la fonction de sectionneur du disjoncteur.</p> <p>– Erreur latente de branchement sur le circuit du porte-fusibles.</p> <p>2. Erreur de l'opérateur : il n'a pas coupé le bon disjoncteur.</p>	<p>op. 1</p> <p>op. 2</p> <p>op. 3</p>	<p>op. 18</p> <p>op. 21</p> <p>op. 22</p>	<p>op. 5</p> <p>op. 7</p> <p>op. 15</p> <p>op. 20</p>	<p>op. 10</p> <p>op. 16</p> <p>op. 17</p>
<p>– Vérification d'absence de tension pour effectuer un contrôle sur les deux nœuds de branchement amont du porte-fusibles.</p>	<p>Identification de :</p> <p>1. Les fonctions précédentes.</p> <p>+</p> <p>2. Erreur latente de branchement du porte-fusibles.</p> <p>3. Erreur de l'opérateur : erreur de différenciation des deux nœuds de branchement du porte-fusibles.</p>		<p>op. 23</p>	<p>op. 4</p> <p>op. 6</p> <p>op. 8</p> <p>op. 14</p>	<p>op. 9</p> <p>op. 11</p> <p>op. 12</p> <p>op. 13</p> <p>op. 19</p>
<p>1.2. Les instruments de contrôles locaux :</p> <p>– Utilisation du bouton déclencheur du disjoncteur.</p>	<p>Identification de :</p> <p>– Dysfonctionnement de la fonction de différentiel du disjoncteur.</p> <p>– Erreur latente de branchement en amont du disjoncteur (il ne serait pas alimenté).</p>		<p>op. 18</p> <p>op. 21</p> <p>op. 22</p> <p>op. 23</p>	<p>op. 4</p> <p>op. 6</p>	<p>op. 11</p> <p>op. 12</p> <p>op. 13</p> <p>op. 16</p>
<p>– Utilisation de l'éclairage du quai, lors de la coupure d'un disjoncteur de l'éclairage du quai</p>	<p>Identification de :</p> <p>– Dysfonctionnement de la fonction de sectionneur du disjoncteur (échec de la mise hors tension sur un branchement supposé partagé par deux circuits : éclairage du quai et panneau de sortie).</p> <p>– Erreur latente de branchement sur le circuit de l'éclairage du quai (sur un branchement supposé partagé par deux circuits : éclairage du quai et panneau de sortie).</p>		<p>op. 22</p>	<p>op. 4</p> <p>op. 6</p>	<p>op. 10</p> <p>op. 11</p> <p>op. 16</p> <p>op. 17</p>

.....(suite du tableau 27, page suivante).....

.....(suite du tableau 27).....

Utilisation de la règle de vérification pour effectuer un contrôle de tension sur le nœud de branchement aval du disjoncteur coupé.	Identification de : - Dysfonctionnement de la fonction de sectionneur du disjoncteur (échec de la mise hors tension sur un branchement intermédiaire). - Erreur latente de branchement : le nœud aval est réalimenté par un autre circuit (échec de la mise hors tension sur un branchement intermédiaire).			op. 14 op. 15	op. 19
<u>2. Instruments de mesure :</u> - Constitué du VAT.	Effectuer une vérification d'absence de tension.	op. 1 op. 3	op. 18 op. 21		op. 10
	Effectuer une mesure ou une vérification en volts.	op. 2		op. 4 op. 5 op. 6 op. 7 op. 15 op. 20	op. 11 op. 16 op. 17
	Effectuer une mesure ou une vérification en ohms.	op. 2 <sup>26</sup>			
- Constitué du multimètre.	Effectuer une mesure ou une vérification en volts.		op. 22 op. 23	op. 6 op. 8 op. 14	op. 9 op. 11 op. 12 op. 13 op. 16 op. 17 op. 19
	Effectuer une mesure ou une vérification en ohms.				op. 19
<u>3. Les instruments de condamnation<sup>27</sup> :</u> - Poser une pancarte. - Poser un cadenas.	- Signaler - Condamner	op. 3	op. 18 (référence)	op. 14	op. 9
- Poser du scotch en croix sur le disjoncteur coupé.	- Signaler			op. 4 (référence)	op. 11 op. 17
- Débrancher des fils aval du disjoncteur coupé et les raccorder à un domino.	- Signaler - Condamner				op. 12

« Référence » signifie que l'opérateur fait référence à l'utilisation d'un instrument, mais ne le met pas en œuvre.

<sup>26</sup> Utilisation sous tension qui semble due à l'absence d'une connaissance technique.

<sup>27</sup> L'information n'est pas disponible pour tous les opérateurs.

# CHAPITRE 9

## SYNTHESE ET DISCUSSION DES RESULTATS DE LA SIMULATION

Ce chapitre présente une synthèse des résultats de la simulation sur les différentes dimensions des compétences mobilisées pour effectuer la mise hors tension dans une situation anormale, et sur leur développement. Nous examinerons nos résultats au regard de la littérature, puis nous reviendrons sur les difficultés méthodologiques et les limites de la simulation.

L'objectif de la simulation était de préciser les compétences mises en œuvre pour effectuer une mise hors tension dans une situation anormale et d'identifier des éléments de leur développement.

La mise hors tension est une tâche critique, dans la mesure où elle constitue un moyen majeur de gestion du risque électrique par l'opérateur. La présence d'une erreur latente de branchement (situation anormale) peut conduire à son échec, sans que l'opérateur soit toujours en mesure de l'identifier ; ce qui peut contribuer à la production d'un accident. Par ailleurs, si l'identification des erreurs latentes constitue un enjeu pour l'amélioration de la fiabilité des systèmes, elle reste problématique. Du fait même de leur nature, les méthodes de prévention disponibles restent peu efficaces pour les identifier. La gestion du risque qu'elles représentent repose donc en grande partie sur les compétences des opérateurs. À la suite d'Amalberti (1996, 1998), on considère que l'une des caractéristiques des experts est l'identification et la récupération des erreurs. Ici, il s'agit d'erreurs latentes, commises par d'autres, antérieurement à l'intervention de l'opérateur.

La situation de simulation élaborée transpose plusieurs caractéristiques des situations d'accident que nous avons analysées (chapitre 4). Il s'agit de la nécessité d'effectuer une mise hors tension, de la présence d'une erreur latente de branchement mettant en échec la procédure habituelle, de la non-remise à jour des schémas du dispositif.

À l'issue des analyses d'accidents, nous avons émis plusieurs hypothèses sur les dimensions des compétences requises pour effectuer la mise hors tension et sur leur développement :

- Avec l'expérience, les classes de situations des opérateurs seraient plus étendues et liées au développement de représentations modèles de situations anormales, du point de vue de la continuité et du sens de distribution de l'énergie.
- Le développement des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie permettrait de se représenter des situations non conformes de ce même point de vue.
- Les schèmes de coupure et de vérification seraient articulés au développement des classes de situations et au développement des concepts pragmatiques.
- Le développement d'un système d'instruments permettrait une meilleure adaptation aux caractéristiques des situations, alliant économie et efficacité. Ces systèmes seraient constitués aussi bien d'artefacts matériels, que d'artefacts non matériels, comme les règles de sécurité.

Deux variables externes sont prises en compte : le champ et le degré d'expérience.

• Le champ de l'expérience se réfère au domaine d'activités dans lequel un opérateur acquiert son expérience. Des opérateurs ayant exercé dans le domaine de la maintenance des systèmes électromécaniques (groupe 3) sont comparés à des opérateurs qui ont acquis leur expérience dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques, et plus particulièrement concernant le réseau de distribution de l'énergie électrique de l'entreprise (groupes 1, 2 et 4).

- Le degré d'expérience renvoie à la comparaison entre des opérateurs ayant une

expérience professionnelle plus ou moins importante : opérateurs en formation en alternance dans l'entreprise (groupe 1), « jeunes » opérateurs (groupe 2), opérateurs expérimentés (groupes 3 et 4).

Nous faisons l'hypothèse que le champ et le degré d'expérience ont un effet sur le développement des compétences, bien que l'expérience ne soit pas suffisante en soi (Sonntag *et al.*, 1998, Bouthier *et al.*, 1995) pour élaborer des compétences critiques, qui caractérisent les experts.

## 1. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Les résultats ont été analysés selon trois axes : développement des compétences, stratégies de diagnostic, et utilisation des règles de sécurité et systèmes d'instruments.

Le premier porte sur le niveau de développement des compétences des opérateurs en fonction du champ et du degré d'expérience. Les différents niveaux de développement identifiés sont analysés de façon plus précise dans les chapitres suivants. Nous précisons également des difficultés rencontrées par les opérateurs lors de la réalisation de la tâche. Ces difficultés sont analysées en référence au cadre Compety. Elles sont par la suite mises en relation avec les résultats des deux axes d'analyse suivants.

Les deux derniers axes d'analyse constituent des points d'entrée distincts dans le cadre Compety. En analysant les stratégies de diagnostic, nous privilégions les relations entre les organisateurs de l'activité, les représentations et les concepts, et les classes de situations. Cette première approche des différentes dimensions des compétences et de leurs relations est complétée en mettant l'accent sur les instruments (notamment l'utilisation des règles de sécurité) et les systèmes d'instruments, leurs relations aux différentes dimensions représentatives et conceptuelles.

### 1.1. LE DÉVELOPPEMENT DES COMPÉTENCES

Dans un premier temps, les interventions des formateurs sont utilisées comme indicateur du niveau de développement des compétences et pour mettre au jour des difficultés des opérateurs. Les opérateurs les plus compétents devraient réaliser la tâche sans avoir besoin du guidage des formateurs. Ils devraient être autonomes.

Les résultats sont hétérogènes. Nous observons toutefois des tendances. Les compétences des opérateurs se développent avec l'expérience du métier et l'expérience au poste de travail : l'autonomie s'accroît en fonction de ces deux variables externes. Les opérateurs en formation par alternance ou qui ont peu d'expérience (groupes 1 et 2) ont davantage été aidés que les opérateurs qui ont une expérience du métier et/ou du poste de travail (groupes 3 et 4). Les opérateurs sont plus autonomes pour réaliser une mise hors tension dans une situation normale

(épisode 1), que pour traiter une situation qui ne l'est plus (épisode 2). La mise hors tension dans une situation normale peut être qualifiée de situation prototypique : elle ne nécessite que la mise en œuvre d'une procédure habituelle, routinière. Le développement des compétences peut être vu comme la capacité à traiter des situations non prototypiques (Pastré, 1999 a), comme l'est la mise hors tension dans une situation anormale. Dans ce cadre, les opérateurs les moins expérimentés sont aussi moins autonomes dans le traitement de la situation normale. Leurs compétences restent insuffisantes y compris dans le traitement d'une situation qui nécessite la mise en œuvre de procédures qui devraient être routinières.

Les interventions des formateurs sont aussi utilisées comme indicateur des difficultés des opérateurs.

Les principales difficultés des opérateurs portent, d'une part, sur les activités de diagnostic. Il s'agit de difficultés de prise d'information, de l'utilisation de critères peu pertinents pour élaborer des hypothèses, de difficultés à se représenter la cascade de distribution et à la mettre en rapport avec les symptômes identifiés. Les opérateurs concernés sont principalement en formation en alternance dans l'entreprise ou de jeunes opérateurs ayant peu d'expérience (groupes 1 et 2).

Ce premier ensemble de problèmes relève du développement des concepts pragmatiques qui articulent prise d'information et action, et guident les stratégies de diagnostic (Samurçay, Pastré, 1995 ; Pastré, 1999 b, Samurçay, 2000).

D'autre part, des difficultés de gestion des risques sont observées. Elles portent d'abord sur l'identification du nœud de branchement sur lequel doit être effectuée une mesure et/ou sur l'instrument de mesure. Des opérateurs novices aussi bien qu'expérimentés ont eu ces difficultés. Elles sont relatives soit à l'élaboration d'un savoir-faire de prudence, sur lequel nous reviendrons, soit à un instrument constitué par les opérateurs. Sur ce dernier point, les opérateurs ont pu être mis en difficulté par les conditions de réalisation de la simulation : artefact différent de celui qui est d'habitude choisi ; réaliser une mesure seul en hauteur, alors qu'en situation normale les opérateurs mettent en œuvre une activité collective<sup>28</sup>. D'autres difficultés de gestion des risques sont relevées : décisions risquées, révélatrices d'un moindre développement des métaconnaissances de compétence, et décisions de mise hors tension inappropriées, qui renvoient à des difficultés de représentation de la cascade de distribution. Seuls des opérateurs peu expérimentés sont concernés (groupe 2).

Ces difficultés sont mises en rapport avec les stratégies de diagnostic analysées.

## 1. 2. LES STRATÉGIES DE DIAGNOSTIC DE MISE HORS TENSION

---

<sup>28</sup> Un opérateur tient le corps de l'appareil pendant que l'autre met les pointes de touche au contact du nœud de branchement.

Les stratégies de diagnostic de mise hors tension ont été analysées selon deux points de vue : la mise en œuvre d'un schème de mise hors tension multi-instrumentée et la caractérisation des stratégies de diagnostic du « bon disjoncteur ».

### **1.2.1. La mise en œuvre d'un schème de mise hors tension multi-instrumentée**

En analysant les stratégies de diagnostic de mise hors tension, nous montrons que tous les opérateurs disposent d'un schème de mise hors tension. Il s'agit d'un schème d'action multi-instrumentée. Les instruments<sup>29</sup> qui le composent sont différents en fonction du champ et du degré d'expérience des opérateurs. Ce schème est articulé aux concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie.

Avec le développement de l'expérience du métier, les instruments qui composent ce schème sont plus nombreux et permettent de mieux se protéger du risque que constituent les situations anormales. Les classes de situations élaborées par les opérateurs sont plus étendues : ils se représentent les situations anormales du point de vue de la continuité et du sens de distribution de l'énergie. Les instruments mobilisés permettent de les détecter et donc de s'en protéger.

Avec le développement de l'expérience au poste de travail, les instruments qui composent ce schème sont plus informatifs.

Deux types d'instruments sont élaborés par les opérateurs : des instruments mobilisés pour effectuer des contrôles locaux et des instruments permettant le contrôle de la réalisation du but de mise hors tension.

- Les instruments mobilisés pour effectuer des contrôles locaux concernent l'utilisation du bouton déclencheur des disjoncteurs, de l'éclairage du quai ou l'utilisation de la règle de vérification d'absence de tension pour effectuer des contrôles sur le nœud de branchement aval du disjoncteur coupé. Ces instruments permettent de faire des inférences sur le fonctionnement et sur la structure du dispositif technique. Plus précisément, il s'agit d'inférences sur l'existence d'anomalies du point de vue de la continuité et du sens de distribution de l'énergie, qui peuvent faire échouer la mise hors tension. Ces instruments sont précis et économiques, dans la mesure où ils permettent de détecter certaines anomalies dès la coupure, sans avoir à se déplacer jusqu'à l'autre extrémité du quai. Mais tous les symptômes d'anomalie ayant des effets sur la mise hors tension ne peuvent pas être identifiés.

- Deux instruments permettent le contrôle de la réalisation du but de mise hors tension : l'utilisation de la règle de vérification d'absence de tension pour réaliser un contrôle sur un seul des nœuds de branchement du porte-fusibles (premier instrument) ou pour effectuer des contrôles sur les deux nœuds de branchement du porte-fusibles, puis, par la suite, uniquement

---

<sup>29</sup> Au sens de Rabardel (1995).

sur le nœud amont (second instrument).

Le second instrument constitue un savoir-faire de prudence<sup>30</sup>. Il permet d'identifier tous les symptômes d'une erreur de branchement pouvant faire échouer la mise hors tension, des erreurs de branchement du porte-fusibles, et des erreurs commises par l'opérateur lui-même. De ce point de vue, ce savoir-faire de prudence contribue à la gestion des risques externes et internes (identifier ses propres erreurs).

Sur ce point, nous avons défini la compétence critique comme le fait de disposer à la fois d'un instrument permettant d'effectuer un contrôle local et de l'instrument constituant un savoir-faire de prudence. Seuls huit opérateurs disposent d'un schème de mise hors tension correspondant à ce critère et peuvent être définis comme experts, dont un seul opérateur peu expérimenté (opérateur 23 du groupe 2).

### **1.2.2. La caractérisation des stratégies de diagnostic du « bon disjoncteur »**

En caractérisant les stratégies de diagnostic de mise hors tension, nous montrons qu'elles diffèrent en fonction du champ et du degré d'expérience.

Les opérateurs ont élaboré des représentations modèles des situations normales (modèles de normalité). Une situation normale est conforme aux règles de métier et aux règles de sécurité. De plus, la structure du dispositif technique correspond à ce qui est représenté sur le schéma.

- Les opérateurs les moins expérimentés (groupe 1) peuvent s'appuyer sur des modèles de normalité faux ou incomplets. Avec un peu plus d'expérience du métier et du poste de travail (opérateurs du groupe 2), les modèles de normalité sont plus efficaces et pertinents pour mettre en œuvre une stratégie de diagnostic. Mais dans l'ensemble, si ces opérateurs (groupes 1 et 2) ont élaboré des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie et se représentent l'existence d'erreurs de branchement, les concepts pragmatiques ne guident pas la prise d'informations pertinentes pour réduire l'espace de recherche, à l'exception d'un seul d'entre eux. Sur quatre opérateurs du groupe 2, deux utilisent des informations de surface, un a été fortement guidé par le formateur, et un seul met en œuvre une stratégie identique à celle d'opérateurs plus expérimentés (opérateur 18, groupe 2).

- Avec une plus grande expérience du métier, les opérateurs (groupe 3) mettent majoritairement en œuvre des stratégies de diagnostic fondées aussi bien sur le modèle de normalité des situations que sur les concepts pragmatiques. Ces stratégies sont basées sur l'information structurelle.

- Avec le développement de l'expérience au poste (groupe 4), les classes de situations sont

---

<sup>30</sup> Nous détaillerons ce point en abordant l'utilisation des règles de sécurité et les systèmes d'instruments.

plus étendues et plus précises. La majorité des opérateurs se représentent en effet des types d'erreurs de branchement pour un circuit. Ils sont en mesure de mettre en œuvre des stratégies symptomatiques sur cette base. Les concepts pragmatiques sous-tendent la stratégie de diagnostic.

Mais si cette stratégie est plus économique et peut être caractérisée comme la mise en œuvre d'un schème, elle ne permet pas la localisation précise des erreurs latentes. De ce fait, elle est moins efficace pour la fiabilité du système sur le long terme que la stratégie précédente.

À partir de ces résultats, une seconde dimension de la compétence critique est définie : le fait d'effectuer une identification préalable des symptômes (de panne et d'erreur de branchement) et de disposer de l'une des deux dernières stratégies de diagnostic. Seuls six opérateurs sont concernés et peuvent être qualifiés d'experts. Ces opérateurs ont tous élaboré un schème d'action multi-instrumentée que nous avons précédemment qualifié de compétence critique (première dimension précisée).

En analysant de façon détaillée les résultats du groupe 2, nous notons que ces deux dimensions de la compétence critique ne se développent pas de façon uniforme. Un opérateur (opérateur 23 du groupe 2) dispose d'un schème d'action multi-instrumentée que nous qualifions de compétence critique. Mais en même temps, il peut prendre des décisions de mise hors tension plus risquées (comme l'opérateur 22 du même groupe) ou inappropriées et il est peu autonome dans la mise en œuvre de sa stratégie de diagnostic comparativement aux opérateurs de même champ et de même niveau d'expérience (groupe 2). D'une part, ses métaconnaissances de compétence (Valot *et al.*, 1993) sont insuffisantes et il peut prendre des décisions impliquant de gérer simultanément plusieurs risques ; ce que ne font pas des opérateurs plus expérimentés. D'autre part, si le développement des concepts pragmatiques permet la représentation de situations anormales de branchement et le développement d'instruments pour les détecter, il ne permet pas la mise en relation d'un symptôme d'erreur de branchement et du réseau de distribution (structure). Ainsi, l'opérateur se représente mal la localisation éventuelle de l'erreur de branchement à partir des symptômes observés et prend des décisions de mise hors tension inappropriées.

La situation est inverse pour un autre opérateur de ce groupe (opérateur 18, groupe 2). Sa stratégie de diagnostic est équivalente à celle d'opérateurs plus expérimentés et il est totalement autonome sur ce point. Mais le schème de mise hors tension élaboré n'est pas aussi informatif et sécuritaire que celui de l'opérateur précédent (opérateur 23, groupe 2). Comparativement à l'opérateur précédent, les concepts pragmatiques sont mieux intégrés à la stratégie de diagnostic, mais les instruments développés, en articulation avec ces mêmes concepts pragmatiques, apparaissent moins efficaces. Au final, il s'agit d'un développement non homogène des dimensions conceptuelles et schématiques.

Le développement de ces dimensions des compétences est plus uniforme chez des

opérateurs plus expérimentés. Toutefois l'expérience n'est pas suffisante en soi pour développer des compétences critiques : seuls six opérateurs expérimentés sur seize (groupes 3 et 4) disposent de telles compétences. Il s'agit de deux opérateurs ayant une expérience du métier (groupe 3) et de quatre opérateurs ayant une expérience du métier et du poste de travail (groupe 4).

La différence entre expérience du métier et expérience au poste de travail concerne le domaine d'activités dans lequel les opérateurs ont acquis leur expérience : maintenance de systèmes électromécanique pour les premiers ; maintenance des systèmes électriques, dont le réseau de distribution de l'énergie, pour les seconds. Parmi les deux opérateurs qui ont une expérience acquise dans le domaine électromécanique (groupe 3), l'un a également exercé dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques dix ans auparavant (domaine des opérateurs du groupe 4). L'expertise serait alors très liée à l'expérience acquise dans un domaine d'activités. Un opérateur contredit toutefois cette interprétation et nous ne disposons ici que de peu de données.

Le développement des modèles opératoires du risque concerne l'élaboration de modèles de normalité et de représentations modèles des situations anormales.

Nous avons appelé « modèles de normalité » l'ensemble des connaissances et des représentations qui permettent de caractériser une situation comme « normale ». Ils comprennent des connaissances techniques sur la structure et le fonctionnement, des règles de métier — règles de branchement d'un porte-fusibles, règles de repérage... —, des concepts pragmatiques.

Confrontés aux situations réelles de travail (expérience du métier), les opérateurs développent des représentations modèles des situations « anormales ». Ce développement est marqué par celui des concepts pragmatiques et par l'acquisition de connaissances sur les processus de travail (Boreham *et al.*, à paraître). À un premier niveau, ces connaissances portent sur les situations anormales auxquelles un opérateur peut être confronté. Avec l'expérience au poste de travail, ces représentations modèles intègrent des connaissances sur des erreurs de branchement spécifiques d'un circuit. Les connaissances sur les processus de travail sont alors plus précises. Les classes de situations anormales deviennent plus étendues et spécifiées. Elles permettent l'élaboration de stratégies de diagnostic symptomatiques, efficaces et économiques.

Les modèles opératoires du risque comprennent aussi des métaconnaissances. Celles que nous avons identifiées permettent principalement d'éviter la gestion simultanée de plusieurs types de risques. Elles apparaissent comme peu constituées chez des opérateurs n'ayant encore que peu d'expérience du métier (groupe 2).

### 1.3. UTILISATION DES RÈGLES DE SÉCURITÉ ET SYSTÈME D'INSTRUMENTS

Plusieurs instruments des opérateurs sont mis au jour. Ils ne sont pas isolés et forment un système d'instruments, dont les fonctions sont complémentaires ou redondantes pour gérer les risques. Les systèmes d'instruments sont constitués à partir d'artefacts matériels, comme le VAT ou le multimètre, et à partir d'artefacts non matériels, comme les règles de sécurité. Les opérateurs peuvent jouer sur la redondance des fonctions en mobilisant un instrument plus adapté aux caractéristiques des situations et/ou sur la complémentarité des fonctions, pour gérer les risques professionnels.

Les règles ne sont pas appliquées ou violées, mais utilisées. Certains des instruments qu'elles permettent de former peuvent constituer des savoir-faire de prudence. Dans ce cas, les fonctions de l'instrument sont pour partie identiques à celles de la règle (redondance), et pour partie plus étendues (complémentarité). D'autres instruments ont des fonctions qui sont uniquement complémentaires de celles des règles ou encore des fonctions qui sont plus ou moins redondantes avec celles des règles. Autrement dit, certains instruments sont moins efficaces que l'utilisation de la règle formelle pour gérer les risques, mais peuvent se substituer à la règle.

À partir des travaux de Mayen et Savoyant (1999), nous faisons l'hypothèse que certaines des fonctions des règles sont peu ou pas conceptualisées par les opérateurs ; ce qui pourrait marquer une limite d'un développement des compétences plutôt caractérisé par l'exercice de l'activité en situation de travail, les formations dispensées aux opérateurs étant plutôt centrées sur le rappel des règles sans en présenter les fonctions pour gérer les risques.

Ce n'est pas le cas de la règle formelle de vérification d'absence de tension « au plus près du lieu de travail ». Non seulement les fonctions de la règle sont perçues comme nécessaires par tous les opérateurs de la simulation, mais la règle donne lieu à plusieurs instruments dont un constitue un savoir-faire de prudence. Cet instrument est articulé aux concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie, et à l'extension des classes de situations, éléments relatifs à la conceptualisation des situations de travail. Mayen et Savoyant (*op. cit.*) précisent que la conceptualisation permet la réinvention de la nécessité des fonctions de la règle et son évolution. Cet instrument est plutôt le fait d'opérateurs ayant une expérience du métier et/ou du poste de travail (opérateurs des groupes 3 et 4).

L'utilisation des règles de sécurité évolue donc avec l'expérience, et concerne l'intégration de la nécessité des fonctions d'une règle. Elle est liée à l'extension des classes de situations, au développement des concepts pragmatiques.

Les instruments des opérateurs sont aussi caractérisés par des artefacts plutôt multifonctionnels, c'est-à-dire permettant de disposer de plusieurs instruments. Les artefacts

trop spécialisés ont tendance à être abandonnés. Par ailleurs, les instruments sont aussi mis en œuvre en fonction des caractéristiques d'utilisation, de fonctionnement des artefacts et de leur disponibilité. Il s'agit surtout d'instruments sémiotiques mis en œuvre en fonction de leur disponibilité dans les situations, comme l'a également montré Cuny (1981), par exemple à propos de la conduite de navire. Ces instruments sont plutôt caractérisés par une valeur fonctionnelle située, contextuelle, comparativement à d'autres dont la valeur fonctionnelle est relativement stable (Rabardel, 1999), par exemple les instruments de mesure formés avec le VAT ou le multimètre.

Pour résumer, ces résultats permettent donc de préciser des dimensions des compétences impliquées dans la gestion des risques et de caractériser des étapes de leur développement, qui concernent aussi bien des dimensions représentatives et conceptuelles que « schématiques ».

Les schémas 40, 41 et 42 (pages suivantes) présentent les principaux résultats sur les différentes dimensions des compétences pour les groupes 1, 3 et 4. Les résultats du groupe 2, trop hétérogènes, ne sont pas représentés.

Schéma 40 : Dimensions des compétences des opérateurs en formation par alternance, groupe 1

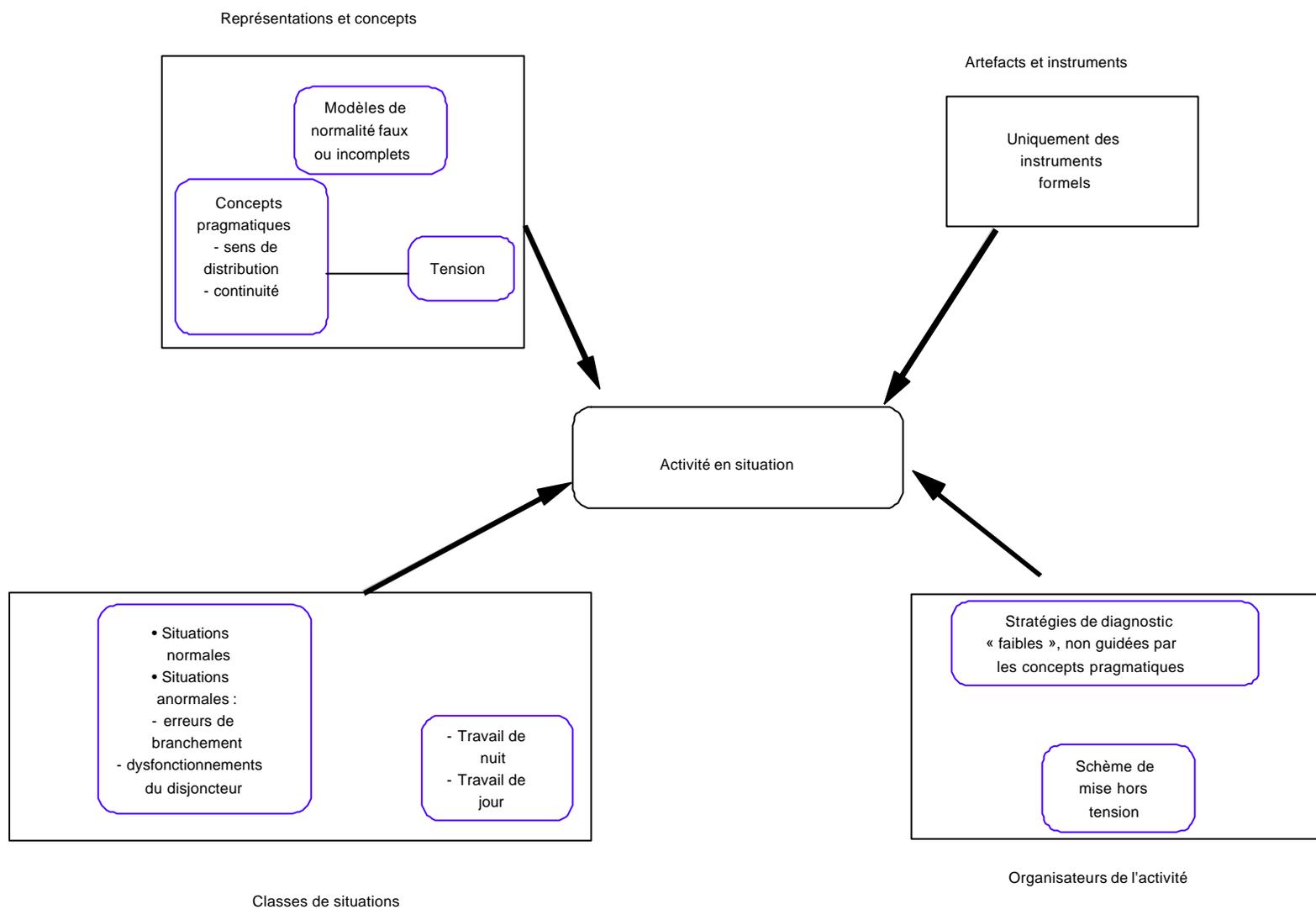


Schéma 41 : Dimensions des compétences des opérateurs expérimentés mais peu au poste de travail, groupe 3

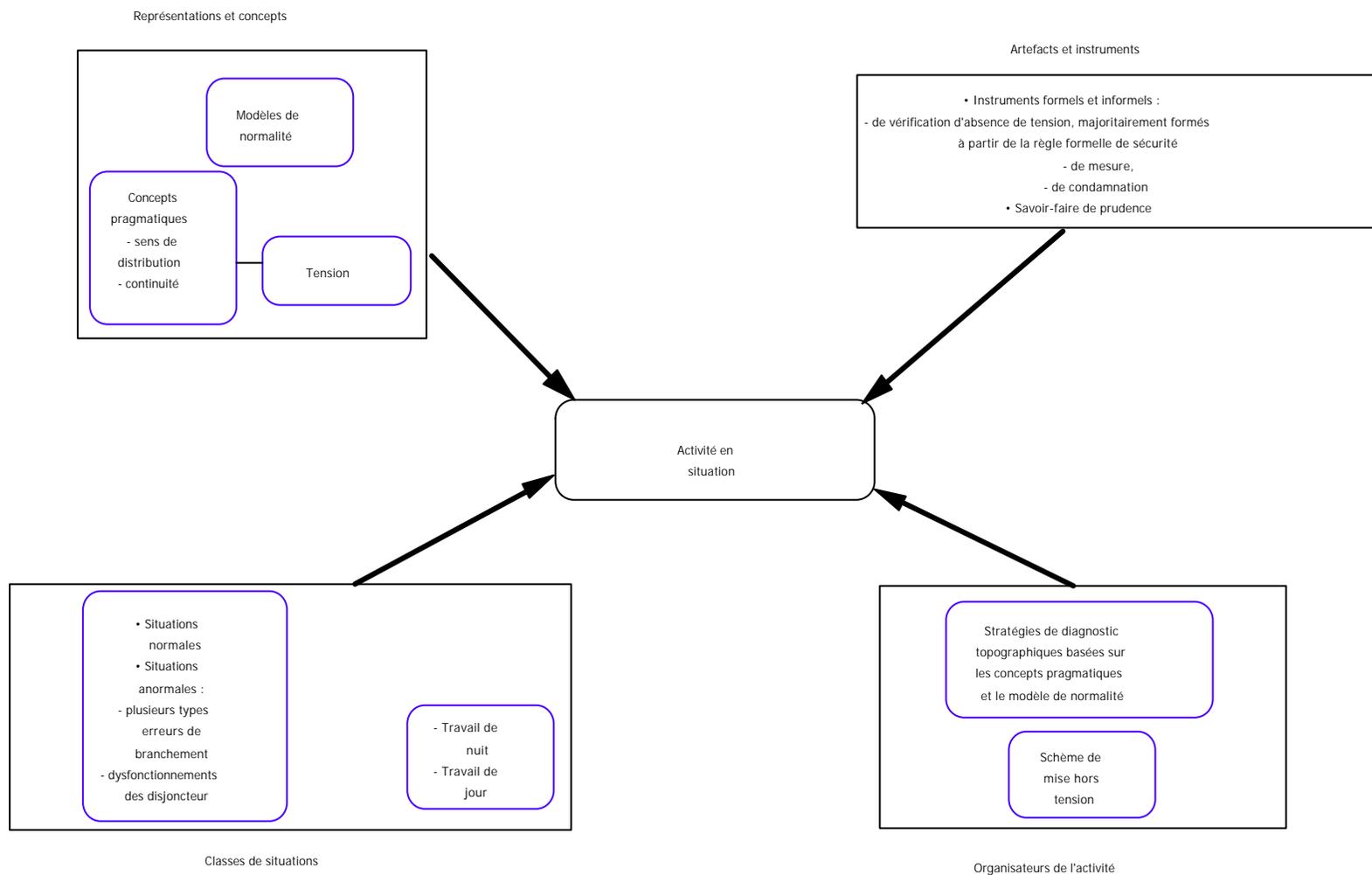
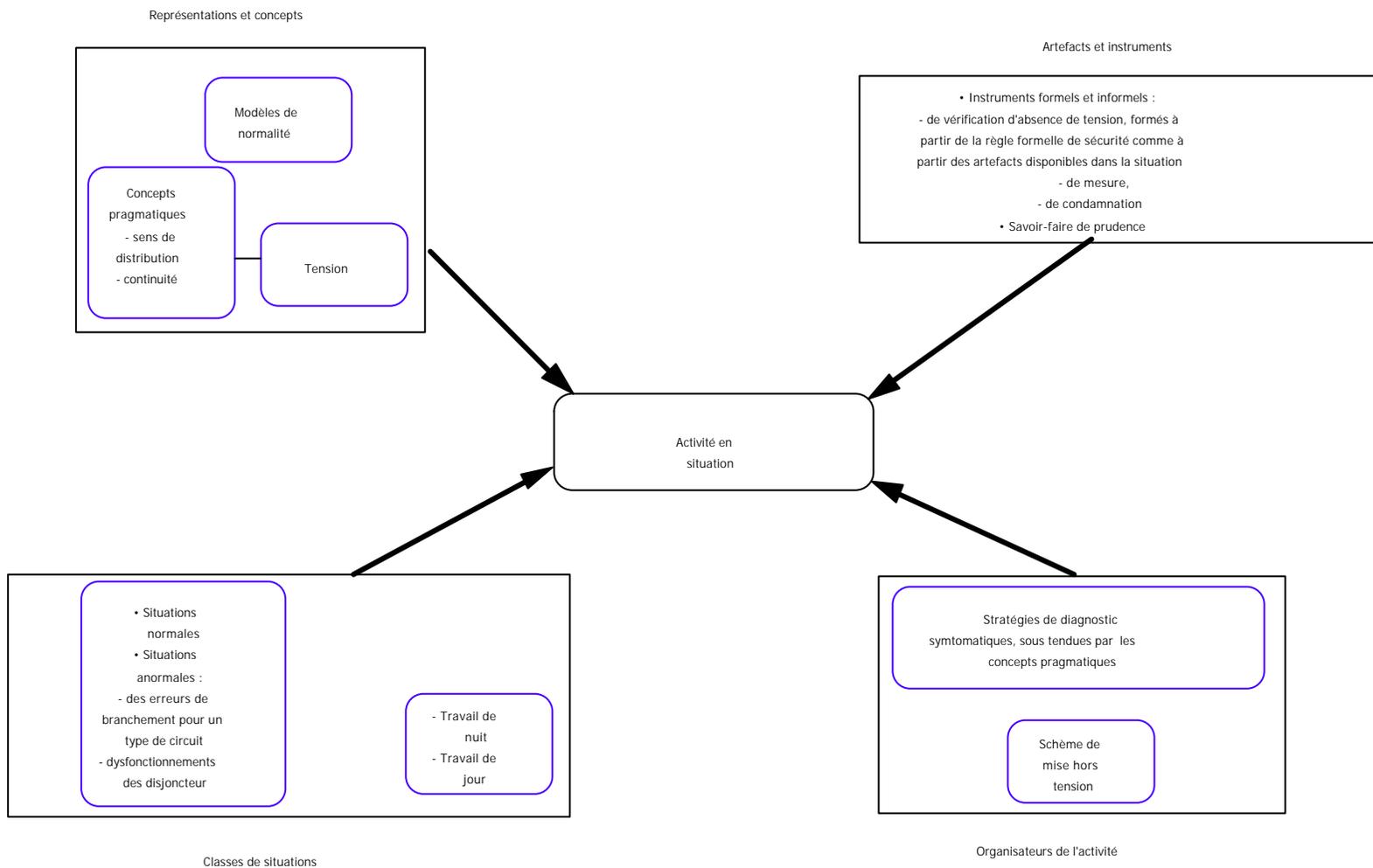


schéma 42 : Dimensions des compétences des opérateurs expérimentés au poste de travail et dans le métier, groupe 4



## 2. DISCUSSION

### 2.1. DES STRATÉGIES DE DIAGNOSTIC QUI S'APPUIENT SUR UNE REPRÉSENTATION EN TERMES DE FLUX, SOUS-TENDUE PAR DES CONCEPTS PRAGMATIQUES

Concernant les stratégies de diagnostic, nos résultats sont cohérents avec ceux de Patrick (1989, 1993), et plus particulièrement ceux de Patrick et Munley (1997), sur plusieurs points :

- Les stratégies fondées sur l'information structurelle et sa schématisation en termes de flux sont efficaces pour le diagnostic de panne, comme le montre Patrick (*op. cit.*), mais également pour la gestion des risques professionnels. Nous montrons que cette schématisation est sous-tendue par des concepts pragmatiques.

- De façon identique à Patrick, nous relevons que l'information structurelle doit être élaborée par l'opérateur ; ce qui peut constituer une réelle difficulté, non prise en compte dans certains travaux réalisés en laboratoire (Rouse, 1979 ; Morrisson, Duncan, 1988 ; Johnson, Rouse, 1982, par exemple).

- Les connaissances sur la structure du dispositif ne sont pas suffisantes en soi. Les opérateurs mobilisent des connaissances du domaine. Nous soulignons que ce sont des connaissances techniques, mais aussi des règles de métier — la règle de branchement d'un porte-fusibles, des règles invariantes de repérage... —, des connaissances sur les processus de travail, telles que définies par Boreham *et al.* (à paraître). Elles peuvent s'acquérir par la confrontation aux situations de travail et/ou être transmises par la collectivité de métier.

### 2.2. DES STRATÉGIES DE DIAGNOSTIC DIFFÉRENTES EN FONCTION DU DEGRÉ D'EXPÉRIENCE, MAIS AUSSI DU CHAMP D'EXPÉRIENCE

Konradt (1995) n'observe que peu ou pas de différences dans les stratégies de diagnostic d'opérateurs qui ont différents champs d'expérience (électriciens et mécaniciens). Les compétences acquises dans un domaine d'activité seraient suffisamment transversales et générales pour être réinvesties dans un autre domaine.

Nos résultats sont contradictoires avec ceux de Konradt. En caractérisant les stratégies de diagnostic du « bon disjoncteur », nous observons des différences entre des opérateurs qui ont acquis leur expérience dans des champs différents. Cette question relève de la généralité et de la spécificité des compétences acquises. Il nous semble qu'elle doit être abordée en s'intéressant à la proximité des domaines d'activités dans lesquels les opérateurs ont acquis leur expérience. En effet, les opérateurs expérimentés qui ont participé à cette simulation l'ont acquise dans des domaines proches, mais différents : ils relèvent d'un même métier, la tâche critique pour la gestion des risques est commune (la mise hors tension), comme le sont les

concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie. Des instruments développés dans un domaine d'activités peuvent être réinvestis dans le nouveau domaine pour traiter la tâche critique. C'est notamment le cas du savoir-faire de prudence identifié. Mais certaines caractéristiques des situations semblent différentes. Les opérateurs qui disposent d'une expérience au poste ont pu acquérir des connaissances sur les processus de travail plus précises, particulièrement sur des types d'erreurs de branchement pour un circuit. De ce fait, ils sont en mesure de mettre en œuvre des stratégies symptomatiques, ce qui n'est pas le cas d'opérateurs qui ont uniquement une expérience du métier. La proximité des domaines d'activités n'est pas abordée par Konradt. Cette question peut sans doute expliquer les résultats qu'il observe. Ainsi, s'il n'observe que peu ou pas de différences entre les stratégies d'électriciens et de mécaniciens, quelle est la proximité des deux domaines d'activités ? La structure conceptuelle des tâches présente-t-elle des points communs ? Quelle est la relation avec la tâche qui a été proposée aux opérateurs ?

### 2.3. CONSTITUER UN SYSTÈME D'INSTRUMENTS : UNE DIMENSION DES COMPÉTENCES À DÉVELOPPER

Aborder le rapport aux règles de sécurité du point de vue des instruments constitués par les opérateurs n'est pas sans rapport avec l'approche de Dodier (1996), qui considère le rapport «pragmatique aux règles de sécurité». L'auteur relève ainsi différentes utilisations d'une même règle de sécurité, et il note que les règles attribuent implicitement aux opérateurs un niveau de compétences pour gérer les risques professionnels ; ce dont les opérateurs se détachent pour montrer leur «grandeur professionnelle», autrement dit leurs compétences. Notre approche permet de préciser l'utilisation des règles par les opérateurs ; elle constitue une dimension des compétences qu'ils développent.

Aborder l'utilisation des règles de sécurité dans le cadre instrumental (Rabardel, 1995) permet de réinterpréter l'observation de Rousseau et Monteau (1991) : certaines règles de sécurité sont systématiquement respectées, d'autres ne le sont qu'en fonction du contexte. Nous soulignons que cette utilisation contextuelle des règles peut recouvrir la mise en œuvre d'instruments informels remplissant tout ou partie des fonctions d'une règle, ou l'utilisation informelle d'une règle, en rapport avec les caractéristiques des situations. Autrement dit, la violation d'une règle ne signifie pas pour autant que l'opérateur ne gère pas les risques. Il peut par exemple mobiliser un instrument informel à cette fin. Non reconnue par les organismes de prévention, ou l'organisation du travail, cette conduite est généralement interprétée comme une violation ; ce qui masque la gestion des risques.

Rousseau et Monteau (*op. cit.*) et Cru (1995) notent également que les opérateurs développent des savoir-faire de prudence dont les fonctions sont complémentaires de la règle. Nous avons considéré que les savoir-faire de prudence relevaient de la mise en œuvre d'instruments élaborés par les opérateurs, dont les fonctions sont pour partie redondantes

avec les fonctions des règles de sécurité et pour partie complémentaires de celles-ci. L'approche instrumentale permet-elle de rendre compte des savoir-faire de prudence identifiés par ces auteurs ?

D'abord, s'ils considèrent que les savoir-faire de prudence complètent les règles de sécurité, la nature de leurs rapports à la règle est multiple.

- Nous retrouvons dans l'étude de Rousseau et Monteau (1991) des savoir-faire de prudence qui peuvent être abordés comme le développement d'instruments constitués à partir de règles formelles de sécurité. Par exemple, vérifier deux fois (en début et en fin de chantier) le sens de rotation des phases, alors que la règle ne prescrit qu'une seule vérification. Cette double vérification peut être interprétée comme étant un instrument élaboré à partir de la règle de sécurité comme artefact. Il permet d'éviter d'endommager l'installation du client et évite ainsi de revenir chez ce client (Rousseau, Monteau, *op. cit.*).

- Certains savoir-faire de prudence mis en évidence par Cru (1995) ne peuvent pas être interprétés comme des instruments constitués à partir d'une règle de sécurité comme artefact. Par exemple, « la bonne mise en chantier de son caillou » par un tailleur de pierre. Elle est « une bonne installation de la pierre qu'il travaille, en face de lui, sur un emplacement dégagé où les gestes peuvent acquérir toute l'ampleur voulue, à une bonne hauteur pour frapper avec aisance, en donnant une légère inclinaison à la pierre pour suivre le trait sans recevoir d'éclats dans l'œil ni en envoyer à ses voisins, et un bon calage pour éviter que le caillou ne bringuebale sous chaque coup ni ne tombe » (p. 35). Aucune règle de sécurité ne fait référence à la « bonne mise en chantier de son caillou ». D'après Cru (*op. cit.*), ce type de savoir-faire de prudence est transmis par la collectivité de métier. L'opérateur se les approprie et les adapte à ses besoins. On peut les aborder comme des pratiques externes que l'opérateur s'approprie et adapte. De ce point de vue, ils peuvent être considérés comme des artefacts, leur appropriation et leur adaptation relevant de la constitution de ses instruments par l'opérateur.

- Nous reprenons un dernier exemple issu des travaux de Rousseau et Monteau (1991, p. 40) : « L'utilisation d'un morceau de toile de jute pour poser les outils. Lorsque le sol est humide, cet accessoire prend toute son utilité en conférant une meilleure isolation. Il contribue ainsi au maintien en bon état des outils et des protections individuelles. » L'usage du morceau de toile de jute peut être interprété dans le cadre instrumental. Contrairement à l'exemple précédent, tiré de ce même travail, l'artefact n'est pas une règle de sécurité mais un artefact matériel.

Au final, dans les travaux de Rousseau et Monteau (1991), comme dans ceux de Cru (1995), les savoir-faire de prudence complètent les fonctions de sécurité des règles. Les interpréter dans le cadre instrumental permet de différencier des savoir-faire de prudence de différente nature : instruments constitués à partir d'artefacts matériels ou non, comme les règles de sécurité, ou à partir de pratiques transmises uniquement par la collectivité.

Les savoir-faire de prudence apparaissent ainsi comme un ensemble de pratiques très

diversifiées. À partir de nos résultats, et au regard de ces exemples, nous proposons de les définir comme des instruments constitués par les opérateurs sur la base d'artefacts matériels ou non, reconnus ou non. Ils ont pour caractéristique de remplir des fonctions de sécurité non prévues par les règles ; ainsi ils les complètent. Nous avons considéré que quand ils se substituaient à l'utilisation de la règle, non seulement leurs fonctions complétaient la règle, mais reprenaient celles de la règle (redondance).

Dans ce travail, le savoir-faire de prudence identifié contribue à la gestion des risques externes et internes, puisqu'il permet l'identification d'erreurs commises par l'opérateur lui-même. Nous ne retrouvons pas cette caractéristique dans les travaux de Rousseau, Monteau (1991) et Cru (1995).

## 2.4. LA « NATURE » DES INSTRUMENTS QUI CONSTITUENT LE SYSTÈME

Dans ses travaux, Lefort (1978, 1982) mettait en évidence des caractéristiques des instruments qui constituent un système pour l'opérateur. D'une part, il s'agit uniquement d'artefacts matériels, nous relevons qu'il s'agit aussi de règles de sécurité. D'autre part, concernant leur nature, il notait que ce sont des artefacts formels — reconnus et recensés par l'organisation du travail —, dont l'utilisation peut être formelle ou non — c'est-à-dire prévue ou non par les concepteurs —, et des instruments informels. Dans ce cas, ni l'artefact, ni son utilisation ne semblent formels.

Nous nous intéresserons ici aux instruments informels.

« La bonne mise en chantier de son caillou », savoir-faire de prudence mis en évidence par Cru (*op. cit.*), correspond aux caractéristiques des instruments informels de Lefort (*op. cit.*), bien qu'il ne soit pas issu d'un artefact matériel. En effet, ni ce qui est transmis par la collectivité de métier, ni son utilisation ne sont formels.

En revanche, dans notre travail, un instrument informel ne correspond pas à ces caractéristiques. Un opérateur utilise un VAT dont les enveloppes protectrices des pointes de touche ont été sectionnées, de façon à faciliter le contact entre les pointes de touche de l'appareil et le nœud de branchement sur lequel le contrôle est effectué. L'artefact est modifié en fonction de ses contraintes d'usage. Il s'agit alors d'un artefact informel. Mais son utilisation demeure formelle : elle correspond à l'utilisation prévue par le concepteur. L'opérateur doit toujours poser et maintenir les pointes de touche au contact d'un nœud de branchement, et interpréter le signal sonore émis, ou son absence (présence ou absence de tension).

Ainsi, les systèmes d'instruments sont constitués à partir d'artefacts matériels ou non, d'artefacts formels et informels, dont l'utilisation est formelle ou non.

## 2.5 DIFFICULTÉS MÉTHODOLOGIQUES ET LIMITES DE LA SIMULATION

La simulation a été élaborée pour pouvoir analyser les compétences mises en œuvre pour

réaliser une mise hors tension dans une situation présentant une erreur latente de branchement. Ce type de situation n'est pas exceptionnel, comme en témoignent les accidents analysés (chapitre 4). De plus, une telle erreur existait sur le dispositif de simulation et a pu être utilisée en la modifiant. Nous pouvons également rajouter que la situation était identique pour une simulation utilisée dans un lycée professionnel (Vidal-Gomel, Samurçay, 2000). Les erreurs latentes de branchement restent toutefois suffisamment rares en situation réelle pour justifier l'utilisation d'une situation de simulation.

La simulation devait également nous permettre de recueillir des observables suffisants ; ce qui n'avait pas été réellement possible en situation réelle du fait de l'implantation des armoires électriques dans des lieux trop exigus, d'un éclairage insuffisant...

L'analyse de la mise hors tension et des instruments utilisés, notamment ceux qui sont constitués à partir des règles de sécurité, reste toutefois limitée.

D'une part, l'impossibilité de transposer certaines dimensions du contexte, comme la présence de voyageurs sur le quai, rend inutile la mise en œuvre de certaines règles de sécurité, par exemple le balisage du chantier.

D'autre part, deux des trois formateurs qui participaient aux simulations sont chargés de formations à la prévention des risques professionnels et occupent des postes de « chargé de sécurité » au sein de l'entreprise. Leur présence a pu inciter certains opérateurs à faire référence ou à davantage utiliser les règles de sécurité qu'ils ne le font habituellement. Toutefois, l'effet pourrait ne pas être important. Par exemple, hormis les opérateurs en formation par alternance, aucun ne porte les gants de protection. Rappelons également, que si les opérateurs en formation ont dans l'ensemble davantage mis en œuvre les règles de sécurité, cela peut aussi être lié aux incitations des formateurs. Étant donné que ces incitations ont principalement été adressées aux opérateurs les moins expérimentés, on peut faire l'hypothèse qu'elles dépendent des représentations qu'ont les formateurs des compétences des opérateurs.

Enfin, les trois formateurs qui ont suivi les simulations exercent des fonctions différentes au sein de l'entreprise. Deux, nous l'avons précisé, sont des « chargés de sécurité ». Le troisième assure des formations techniques du métier. De ce fait, leurs interventions et leurs guidages des opérateurs peuvent être de nature différente. Nous avons d'ailleurs été amenée à ne pas prendre en compte des interventions trop hétérogènes sur la mise en œuvre de certaines règles de sécurité. Par exemple, un formateur pouvait se contenter de signaler l'existence du risque quand un opérateur manipulait des fils sous tension, alors qu'un autre formateur pouvait interdire une telle manipulation. Ces interventions peuvent être liées aux représentations des compétences des opérateurs, mais aussi à la conception de la sécurité des formateurs.

Une dernière limite de la simulation peut être soulignée : l'analyse en situation réelle de travail, et notamment dans différentes classes de situations, nous aurait sans doute permis d'appréhender davantage d'éléments constitutifs du système d'instruments des opérateurs et de montrer qu'ils sont partagés dans la communauté de travail. Nous ne disposons en effet que

de peu de données pour plusieurs des instruments analysés.

Dans la partie suivante nous reprendrons des éléments abordés ici pour les réinscrire dans une discussion plus large.

# **PARTIE IV**

## **DIMENSIONS DES COMPETENCES POUR GERER LES RISQUES PROFESSIONNELS ET ELEMENTS DE COMPREHENSION DE LEUR DEVELOPPEMENT : SYNTHESE ET PERSPECTIVES**

S'inscrivant dans le contexte de l'accord-cadre passé entre l'Éducation nationale et la Caisse nationale d'assurance maladie des travailleurs salariés (1993, renouvelé en 1997) — accord qui avait pour objectif de «faire de la maîtrise des risques une composante de la qualification professionnelle» —, notre travail visait à caractériser les compétences pour la gestion des risques professionnels, leur développement et les situations de formation qui favoriseraient ce développement des compétences.

À partir d'analyses d'accidents et d'une situation de simulation dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques, nous identifions plusieurs dimensions des compétences pour gérer les risques professionnels : modèles opératoires du risque, organisateurs de l'activité, instruments et systèmes d'instruments. Ces compétences se développent en fonction du degré d'expérience, mais aussi en fonction du champ de l'expérience des opérateurs. Avec l'expérience, ces différentes dimensions des compétences sont mieux intégrées et leur niveau de développement est plus homogène. Enfin, nous soulignons que les règles de sécurité ne sont pas violées, transgressées ou respectées, mais utilisées, et qu'elles sont intégrées à un système d'instruments que les opérateurs constituent au cours de leur parcours professionnel.

## **1. SYNTHÈSE ET DISCUSSION**

Notre travail contribue à la réflexion sur le développement des compétences et sur la gestion des risques professionnels. Nous reviendrons sur nos principaux résultats à partir de ces deux points. Nous examinerons ensuite comment notre travail peut contribuer à la conception de formations à la gestion des risques professionnels.

### **1.1. LE DÉVELOPPEMENT DES COMPÉTENCES PROFESSIONNELLES**

À partir du modèle Compety, nous identifions différentes dimensions des compétences, qui sont mieux intégrées avec l'expérience professionnelle. La variable « expérience » est précisée en différenciant expérience au poste de travail et expérience du métier. Enfin, les différentes dimensions des compétences et leur développement sont notamment mis en évidence à partir de l'analyse des stratégies de diagnostic des opérateurs. Nous reviendrons également sur ce point.

## **1.1.1. L'analyse du développement des compétences professionnelles**

### **1.1.1.1. Le modèle Compety**

Le cadre d'analyse Compety (Rabardel, Samurçay, 1995 ; Samurçay, Rabardel, à paraître) a été utilisé pour identifier les compétences mises en œuvre, d'une part, dans une situation de simulation et, d'autre part, dans des situations d'accident. Dans le premier cas, nous nous appuyons sur l'activité en situation pour faire des inférences sur les différentes dimensions des compétences. Dans le second, nos inférences sur les compétences sont faites à partir de l'activité évoquée. Les différentes dimensions des compétences et leurs relations, postulées par Compety, se sont révélées pertinentes pour identifier les compétences mises en œuvre pour la gestion des risques professionnels. Ce cadre, peu utilisé jusque-là, nous a permis de mettre en évidence les différentes composantes des modèles opératoires du risque, les organisateurs de l'activité, les instruments et systèmes d'instruments des opérateurs, et des étapes de leur développement. Nous avons pu, en outre, considérer les règles de sécurité du point de vue des systèmes d'instruments constitués par les opérateurs.

Nous montrons que le développement des compétences relève de l'intégration de dimensions « schématiques » et représentationnelles. Nous l'avons examiné de deux points de vue à partir de Compety.

- D'une part, en analysant les stratégies de diagnostic impliquées dans la gestion des risques, nous montrons l'intégration des classes de situations, des concepts pragmatiques, des organisateurs de l'activité et le rôle des modèles de normalité des situations. Cette approche du développement rejoint celle que proposent Samurçay et Pastré (1995, par exemple), qui articule concepts pragmatiques, organisateurs de l'activité et classes de situations.

- D'autre part, aborder le développement à partir des instruments et des systèmes d'instruments des opérateurs permet de mettre en évidence leur articulation avec différentes dimensions des compétences, notamment les modèles opératoires du risque, ce qui constitue une approche complémentaire du développement de celle que proposent Samurçay et Pastré (*op. cit.*). Par ailleurs, l'articulation entre les instruments et les concepts pragmatiques est peu présente dans les travaux qui traitent des genèses instrumentales (Galnier, 1997 ; Duvenci-Langa, 1997, par exemple).

Cette double approche des compétences nous permet de souligner que l'articulation entre ces différentes dimensions n'est pas toujours homogène au cours du développement. S'agissant d'opérateurs peu expérimentés (2 ans), nous relevons une articulation entre des dimensions des compétences pour la gestion des risques — pour la mise hors tension : classes

de situations, concepts pragmatiques, schème d'action multi-instrumentée —, mais des difficultés pour mettre en œuvre une stratégie de diagnostic. Inversement, nous identifions une intégration de différentes dimensions des compétences mobilisées pour élaborer et mettre en œuvre une stratégie de diagnostic, mais peu pour effectuer et contrôler la mise hors tension. Cette intégration est plus homogène pour des opérateurs expérimentés. L'intégration des différentes dimensions des compétences ne serait donc produite que plus tard, avec l'acquisition de l'expérience du métier.

### 1.1.1.2. La variable « champ de l'expérience »

En comparant des opérateurs de différents niveaux d'expérience et des opérateurs expérimentés dans le métier d'électricien et/ou au poste de travail, nous avons mis en évidence que les compétences professionnelles se développent en fonction du degré d'expérience, mais aussi en fonction de son champ. Ces résultats sont cohérents avec ceux de Mhamdi (1998), qui montrent l'importance de l'expérience au poste de travail pour la gestion des risques professionnels. Nous complétons ces données en relevant différentes dimensions des compétences en jeu dans cette gestion et en analysant des étapes de leur développement. Rappelons-les brièvement.

- Les modèles opératoires du risque sont composés de concepts pragmatiques, de représentations modèles des situations et de classes de situations.

- Les concepts pragmatiques

Si les concepts pragmatiques identifiés (continuité et sens de distribution de l'énergie) sont acquis assez tôt au cours du développement, en revanche ils ne sont réellement opérationnels pour mettre en œuvre une stratégie de diagnostic impliquée dans la gestion des risques que plus tard, avec l'expérience du métier.

- Les représentations modèles de situations normales et anormales

Les modèles de normalité des opérateurs ne sont opérationnels pour mettre en œuvre une stratégie de diagnostic pour la gestion des risques qu'avec l'expérience du métier, mais relativement tôt puisque des opérateurs n'ayant pas plus de deux ans d'expérience peuvent s'appuyer sur ces modèles. D'autre part, si tous les opérateurs se représentent des situations «anormales», les anomalies ne sont utilisées que plus tard dans ces stratégies.

— Les classes de situations

Les classes de situations anormales que les opérateurs se représentent sont plus précises et plus étendues avec l'expérience du métier, mais aussi du poste de travail.

• Les organisateurs de l'activité

Tous les opérateurs disposent d'un schème d'action multi-instrumentée pour effectuer la mise hors tension, tâche critique. En analysant les instruments mobilisés, nous montrons que ces schèmes se différencient en fonction du champ et du degré d'expérience. Avec l'expérience du métier, les opérateurs ne disposent plus uniquement d'instruments formels, et les artefacts à partir desquels sont formés ces instruments se différencient en fonction du champ de l'expérience. Ce développement est aussi marqué par une modification de l'objet de l'activité des opérateurs : avec l'expérience du métier, il ne s'agit plus uniquement de contrôler la réalisation effective de l'atteinte du but (mise hors tension), mais de caractériser de façon plus précise la situation traitée. Ces différents instruments sont marqués par l'intégration des compétences techniques et sécuritaires ; ils sont articulés au modèle opératoire du risque des opérateurs.

• Les instruments et les systèmes d'instruments

Les opérateurs élaborent un système d'instruments constitué aussi bien par des artefacts matériels que par des artefacts symboliques (les règles de sécurité). Ce système se développe avec l'expérience du métier et du poste de travail, les opérateurs en formation par alternance ne disposant que des instruments formels dans tous les cas examinés. Les instruments qui composent ce système peuvent avoir des relations de redondance — ils sont fonctionnellement équivalents — ou de complémentarité pour gérer les risques professionnels. Les artefacts privilégiés par les opérateurs ont comme caractéristique la multifonctionnalité — ils permettent de constituer plusieurs instruments — et la disponibilité dans l'environnement. Les instruments sont également mis en œuvre en fonction des contraintes d'usage et de fonctionnement des artefacts.

Ces résultats nous permettent de revenir sur la spécificité et la généralité de l'expertise abordée, par exemple, par Schraggen (1994).

Nous avons en effet relevé, d'une part, que le développement des compétences est aussi lié au domaine d'activités dans lequel l'opérateur a acquis son expérience, d'autre part, que des dimensions des compétences acquises dans un domaine spécifique peuvent être réinvesties pour traiter des situations dans un domaine voisin : concepts pragmatiques et instrument constituant un savoir-faire de prudence, par exemple.

Dans ce travail, deux domaines d'activités — maintenance électromécanique et maintenance du réseau de distribution de l'énergie électrique — relèvent d'un même métier : celui d'électricien. Ces deux domaines partagent une même tâche critique pour la gestion des

risques (la mise hors tension), les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie sont communs, ainsi que la règle de sécurité de vérification d'absence de tension. Si les situations peuvent présenter des caractéristiques différentes, la structure conceptuelle de la tâche reste, pour une grande part, commune aux deux domaines. Plusieurs dimensions des compétences requises pour effectuer une mise hors tension sont alors communes. Il s'agit, pour les modèles opératoires du risque, de connaissances techniques, de règles de métier, des concepts pragmatiques et de métaconnaissances. Des schèmes d'action multi-instrumentée, des parties de systèmes d'instruments sont efficaces pour le nouveau domaine d'activités.

Il s'agit alors de compétences « transversales » qui constituent le cœur du métier pour la gestion des risques. Elles sont aussi insuffisantes. Les opérateurs qui sont confrontés à un nouveau domaine ont également à développer de nouveaux instruments, à acquérir d'autres connaissances techniques et des connaissances plus précises sur les situations anormales, au regard des caractéristiques particulières des nouvelles situations de travail.

Ces différences peuvent être rapprochées des travaux de Schraggen (1994), qui portent sur la généralité et la spécificité de l'expertise.

- L'une des caractéristiques des experts est de disposer non seulement de connaissances du domaine, mais également de connaissances et de stratégies plus générales pour traiter des problèmes hors de leur domaine d'expertise (Schraggen, *op. cit.*, par exemple).

En caractérisant l'expertise à partir des compétences critiques, nous soulignons que les experts ne sont pas les seuls opérateurs à disposer de compétences transversales à des domaines d'activités, qui ici sont proches. Ce travail permet également de préciser certaines de ces connaissances générales, qui ne peuvent pas être limitées à des connaissances procédurales ou déclaratives. Il s'agit aussi de règles de métier, de concepts pragmatiques et, pour partie, de connaissances sur les processus de travail (Boreham *et al.*, à paraître) ; nous y reviendrons plus loin. Par ailleurs, ces opérateurs ne disposent pas uniquement de connaissances et de stratégies générales, il s'agit aussi d'instruments.

- Si les experts disposent de compétences générales qui peuvent être réinvesties dans un nouveau domaine d'activités, leurs performances restent inférieures à celles des experts de ce domaine (Schraggen, *op. cit.*).

Nous observons en effet que certaines caractéristiques des nouvelles situations de travail restent peu connues d'opérateurs expérimentés n'ayant que peu d'expérience au poste. Ainsi, les instruments dont ils disposent ne sont pas élaborés à partir des éléments disponibles dans les situations du nouveau domaine auquel ils sont confrontés, et ils ne sont pas en mesure de mettre en œuvre des stratégies de diagnostic symptomatiques, contrairement à des opérateurs ayant une expérience du métier et du poste de travail.

L'élaboration de ces instruments et de ces stratégies nécessite la confrontation aux situations de travail du nouveau domaine et à leur spécificité. En effet, les opérateurs qui ont

acquis leur expérience dans un domaine d'activités différent de celui de la tâche de simulation n'avaient pas auparavant à effectuer la maintenance du réseau électrique, et la portion du réseau qui les concernait était plus réduite. Il ne s'agissait que d'un circuit et pas d'un réseau en cascade, étendu et complexe. Les opérateurs n'avaient donc pas besoin de multiplier les inférences sur la cascade de distribution, son fonctionnement et sa structure, comme le permettent les instruments contextuels des opérateurs qui ont une expérience du domaine d'activités.

Aborder la question de la spécificité et de la généralité de l'expertise rejoint celle de l'extension du champ de l'expérience. De notre point de vue, il est alors nécessaire de s'intéresser à la proximité des domaines d'activités : structure conceptuelle des tâches critiques qui permet de définir les dimensions des compétences qui peuvent être réinvesties. Il s'agit de définir des compétences transversales. Il est également nécessaire de s'interroger sur les caractéristiques des situations qui peuvent éventuellement nécessiter d'élaborer de nouvelles classes de situations, ou d'élaborer de nouveaux instruments plus contextualisés.

### **1.1.3. Compétences et stratégies de diagnostic**

En analysant le développement des compétences, nous examinons les stratégies de diagnostic impliquées dans la gestion des risques, en fonction du degré et du champ d'expérience.

Nous montrons que les opérateurs en formation par alternance s'appuient sur des modèles de normalité des situations faux ou incomplets. Avec environ deux ans d'expérience, de jeunes professionnels mettent en œuvre des modèles de normalité plus opérationnels, mais les stratégies de diagnostic peuvent encore s'appuyer sur des critères faibles. Ce n'est qu'avec plusieurs années d'expérience du métier que les opérateurs utilisent des stratégies topographiques, fondées sur l'information structurelle, mobilisant à la fois concepts pragmatiques et modèles de normalité des situations. Avec l'expérience au poste de travail, les opérateurs sont en mesure de mettre en œuvre des stratégies symptomatiques.

Nous retrouvons des résultats mis en évidence par Patrick (1989 ; 1993 ; Patrick, Munley, 1997) dans le domaine du diagnostic de panne. Des stratégies fondées sur l'information structurelle s'appuyant sur une représentation schématique du système en terme de flux et sur des connaissances du domaine peuvent s'avérer efficaces. Nous montrons que cette schématisation est sous-tendue par des concepts pragmatiques.

L'information sur la structure n'est pas donnée, elle doit être élaborée par l'opérateur, ce qui peut constituer une réelle difficulté, non prise en compte dans certains travaux réalisés en laboratoire (Rouse, 1979 ; Morrisson, Duncan, 1988 ; Johnson, Rouse, 1982, par exemple), comme le relève également Patrick (*op. cit.*). Ainsi, les stratégies topographiques ne sont pas uniquement la caractéristique des novices.

Nos données apportent des précisions sur les connaissances du domaine : ce sont des connaissances techniques, mais aussi des règles de métier — la règle de branchement d'un porte-fusibles, des règles invariantes de repérage... — et des connaissances sur les processus de travail (Boreham *et al.*, à paraître) comme, par exemple, la connaissance d'erreurs de branchement précises pour un type de circuit, ou des connaissances sur les flux d'informations dans le système de travail (Samurçay, Vidal-Gomel, à paraître).

Nos résultats peuvent aussi être rapprochés de ceux de Konradt (1995), qui relève l'existence de stratégies fondées sur les cas connus chez des opérateurs expérimentés. Il s'agit ici de stratégies symptomatiques. Elles sont mises en œuvre par des opérateurs qui ont une expérience à la fois du métier et du poste de travail. Leurs connaissances sur le processus de travail leur permettent d'apparier symptôme et cause.

## 1.2. LA GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS

Nous revenons ici sur deux points : d'une part, nous soulignons l'intérêt d'analyser des accidents pour identifier les compétences mises en œuvre et de considérer les règles de sécurité du point de vue des systèmes d'instruments ; d'autre part, nous examinons nos résultats sur les modèles opératoires du risque au regard des travaux de Rousseau et Monteau (1991) qui s'intéressaient à une question proche de la nôtre : l'image opérative du risque.

### **1.2.1. Analyser la gestion des risques professionnels**

#### **1.2.1.1. Analyser les accidents pour identifier les compétences mises en œuvre**

L'analyse des accidents et des incidents fait partie des méthodes qui sont généralement utilisées pour identifier des dysfonctionnements des systèmes de travail afin de mettre en place des actions de prévention. Nous avons ici réalisé de telles analyses avec un objectif différent. Il s'agissait d'identifier les compétences mises en œuvre pour gérer les risques dans ces situations. Cette orientation est identique à celle qui est adoptée par Norros (1998). À partir de rapports d'accidents, l'auteur identifie une tâche critique et des dimensions des compétences pour la traiter, ce qui confirme que l'analyse des accidents peut constituer une voie pour l'identification des compétences.

Toutefois, la méthodologie que nous avons employée diffère de celle de Norros (*op. cit.*). En effet, contrairement à cet auteur, nos analyses ne sont pas effectuées uniquement à partir des rapports d'accidents. Nous avons plutôt eu recours à des entretiens avec un opérateur impliqué dans l'événement. Nos analyses portent alors sur l'activité évoquée par l'opérateur, ce qui nous permet d'accéder à son interprétation de l'événement. Dans ce cadre, les rapports sont utilisés de façon complémentaire aux verbalisations. L'une des critiques que l'on pourrait

porter à cette méthode concerne deux types de biais : l'opérateur peut rationaliser ses activités et tenter de toutes les justifier, y compris celles qui sont automatisées (Amalberti, Hoc, 1998). Mais les rapports d'accidents peuvent aussi s'avérer insuffisants. Par exemple, dans certains des rapports auxquels nous avons eu accès, des faits pouvaient être absents, les arbres des causes pouvaient s'arrêter aux violations des règles de sécurité ou encore l'arbre des causes pouvait mélanger faits et interprétations. L'utilisation conjointe des verbalisations des opérateurs concernés par l'événement et des rapports réalisés dans l'entreprise semble alors nécessaire. Cette approche semble constituer une voie pour élaborer une politique de prévention, l'identification de tâches critiques et des compétences requises pour les effectuer constituant un support pour concevoir des formations à la gestion des risques professionnels. Elle peut aussi être complémentaire d'analyses d'accidents et d'incidents orientées par la mise en évidence de dysfonctionnements du système de travail.

### 1.2.1.2. Considérer les règles de sécurité du point de vue des systèmes d'instruments

Le rapport aux règles de sécurité est généralement abordé en examinant leur respect ou leur violation (Reason, 1993, par exemple). D'une part, il a été ici considéré dans le cadre de la régulation du système de travail (Faverge, 1967 ; Valot *et al.*, 1995). Les violations ne sont alors plus uniquement appréhendées comme une prise de risque. Elles peuvent relever de la nécessité de réguler le système, par exemple en arbitrant entre des objectifs de sécurité et des objectifs de production (Faverge, 1967) ou en cherchant à préserver sa santé (Gaudart, Pondaven, 1998 ; Gaudart, Weill-Fassina, 1999). Les règles de sécurité ne sont pas perçues comme l'unique moyen de gérer les risques, les opérateurs disposent aussi de savoir-faire de prudence (Rousseau, Monteau, 1991 ; Cru, 1995) et, par ailleurs, elles peuvent s'avérer inadaptées à la situation (Reason *et al.*, 1998). D'autre part, nous avons examiné les règles de sécurité du point de vue des systèmes d'instruments constitués par les opérateurs.

Cette approche permet de mettre en évidence que violer les règles de sécurité ne signifie pas toujours que l'opérateur ne gère pas efficacement les risques. Il peut en effet mettre en œuvre un instrument fonctionnellement aussi efficace et plus adapté à la situation, en jouant sur la redondance des fonctions de ses instruments. Par ailleurs, les opérateurs utilisent des instruments dont les fonctions de sécurité sont complémentaires de celles des règles pour gérer les risques professionnels. Ils ont pour caractéristique de permettre l'économie, mais aussi l'efficacité. Enfin, certains instruments ont les mêmes fonctions que les règles (redondance), mais ils remplissent également d'autres fonctions de sécurité (complémentarité).

Comme le notent Battmann et Klumb (1993), dans leur utilisation des règles de sécurité, les opérateurs prennent en compte le rapport coût/bénéfice. Mais ce n'est pas l'unique dimension de l'utilisation des règles de sécurité. L'efficacité est aussi une variable prise en compte. Fonder une politique de prévention en jouant sur ce rapport pour conduire les

opérateurs à un meilleur respect du prescrit, comme le proposent Battmann et Klumb ou Wilde<sup>31</sup> (1998), ne peut pas être suffisant. Une telle approche considère le respect des règles de sécurité comme l'unique moyen de gérer les risques professionnels et assimile l'écart à ce qui est prescrit à une prise de risque. Nos résultats contredisent ce point de vue. Il nous semble qu'il est nécessaire de prendre en compte la fonctionnalité des pratiques des opérateurs pour la gestion des risques, comme le proposent d'ailleurs Rousseau, Monteau (1991) et Cru (1995). Dans cette optique, nous soulignons qu'examiner les systèmes d'instruments conduit à préciser l'analyse fonctionnelle :

- S'intéresser aux instruments permet en effet de préciser les fonctions de sécurité des instruments des opérateurs par rapport à celles des règles de sécurité et d'examiner le développement de ces instruments. Par exemple, les instruments formels sont les seuls dont disposent les opérateurs en formation par alternance qui participent à la simulation. Des instruments informels ne sont constitués qu'avec l'expérience du métier. Leurs fonctions de sécurité peuvent être complémentaires de celles des règles ou redondantes, et, dans certains cas, ces instruments ne remplissent pas toutes les fonctions des règles.

- Dans ce cadre, nous montrons que certains des instruments des opérateurs sont plus pertinents que les règles de sécurité. Nous avons identifié des instruments informels des opérateurs qui non seulement ont des fonctions de sécurité identiques à celles des règles, mais qui également les complètent. Nous avons considéré que ces instruments étaient des savoir-faire de prudence. Ils ne complètent pas uniquement les « blancs » laissés par les règles de sécurité — caractéristique mise en évidence par Rousseau et Monteau (1991) ou Cru (1995) —, mais constituent des instruments plus sûrs. Ainsi, le prescrit n'est pas toujours suffisant pour gérer les risques dans certaines phases de travail et l'une des caractéristiques de l'expertise est de disposer d'instruments plus efficaces que les règles de sécurité ou complémentaires.

- Enfin, l'examen des systèmes d'instruments permet de ne pas considérer les pratiques de sécurité isolément les unes des autres, mais comme constituant un ensemble de moyens dont les fonctions peuvent être complémentaires et/ou redondantes pour assurer la sécurité.

Notre approche du rapport aux règles formelles de sécurité converge avec les propositions de Mayen et Savoyant (1999). En effet, en relevant que ce n'est pas tant le respect du prescrit qui est pertinent pour la gestion des risques professionnels que la mise en œuvre d'instruments fonctionnellement aussi efficaces que les règles, nous soulignons l'importance de la conceptualisation du domaine professionnel et de l'intégration des fonctions de sécurité des règles. Pour schématiser, c'est l'« esprit » de la règle plutôt que sa simple application qui doit être privilégié, ce qui souligne l'intérêt de mettre en évidence la « théorie » de la réglementation de sécurité, comme le proposent Mayen et Savoyant (*op. cit.*) pour la formation.

---

<sup>31</sup> Par ailleurs la proposition de Wilde (1998) pose directement la question de la responsabilité des opérateurs en cas d'accident.

Toutefois, le degré d'élaboration de la prescription de sécurité dans un domaine professionnel pose plusieurs questions.

Les données que nous avons recueillies dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques nous conduisent à considérer que la non-utilisation d'une règle de sécurité ne signifie pas pour autant que l'opérateur ne gère pas les risques et que les fonctions de sécurité des règles formelles doivent être complétées pour traiter efficacement certaines situations. Mais est-ce le cas dans tous les domaines professionnels ?

Ainsi, par exemple, Cru (1995) relève que la réglementation sur la sécurité est relativement pauvre concernant le métier de tailleur de pierre. Dans ce domaine, la gestion des risques repose peu sur la réglementation.

À l'inverse, pour certaines parties des systèmes de travail que l'on peut qualifier d'« ultrasûres », la réglementation semble très complète et très élaborée<sup>32</sup>. Dans un tel cadre, étant donné l'étendue et la précision des règles de sécurité, la place des instruments formels constitués par les opérateurs pourrait être plus importante.

Il paraît donc nécessaire de mieux catégoriser les différentes réglementations de sécurité et de mettre en rapport ces catégories avec les systèmes d'instruments développés par les opérateurs. Une première tentative de catégorisation est proposée par Hale et Swuste (1998). Les règles de sécurité sont analysées en fonction de l'autonomie laissée aux opérateurs. Par exemple, certaines règles définissent les buts à atteindre, mais non la procédure. À l'inverse, d'autres règles de sécurité vont jusqu'à prescrire les actions. Si cette catégorisation peut s'avérer utile, il nous semble qu'elle conduit à un examen de chacune des règles indépendamment des autres, sans prendre en compte leur fonctionnalité pour la gestion des risques. De notre point de vue, la fonctionnalité et l'ensemble des moyens et de leurs relations doit être pris en compte pour catégoriser les réglementations de sécurité.

Cette catégorisation a aussi un intérêt pour élaborer des contenus de formation à la prévention des risques professionnels. Par exemple, Mayen et Savoyant (1999) proposent de mettre l'accent sur la théorie sous-jacente à la réglementation, avec comme hypothèse que cette présentation favoriserait la conceptualisation et permettrait une meilleure intégration de la nécessité des règles de sécurité. Ce point de vue peut également être productif dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques, mais nous avons plutôt proposé de mettre l'accent sur les pratiques efficaces des opérateurs et, notamment, sur les savoir-faire de prudence. Les orientations des formations à la prévention des risques professionnels pourraient ainsi être différentes en fonction de l'étendue et de la précision de la réglementation de sécurité.

### **1.2.2. Les modèles opératoires du risque**

---

<sup>32</sup> P. Mayen, Réseau *Sens et Instruments*, 15 mars 2001.

Les travaux de Rousseau et Monteau (1991) sur la gestion des risques professionnels conduisent à infirmer l'existence d'une « image opérative du risque ». En effet, de leur point de vue, il s'agit plutôt d'une « image opérative des situations au sens large » qui permet l'anticipation et la gestion des aléas. Ces auteurs identifient effectivement de nombreuses pratiques d'électriciens qui visent l'anticipation des aléas. Dans notre travail, il ne s'agit pas de gérer des aléas. Les opérateurs sont placés d'emblée dans une situation accidentogène, du fait d'une erreur latente de branchement. Dans ce cadre, ils se représentent des risques liés aux erreurs latentes de branchement et aux dysfonctionnements des disjoncteurs qui peuvent conduire à l'échec de la mise hors tension, tâche critique pour la gestion des risques électriques. La notion de « modèle opératoire du risque » fait bien référence à une représentation des risques d'accidents professionnels.

Les dimensions des modèles opératoires du risque que nous avons examinées nous conduisent à conclure que si les opérateurs élaborent une « image opérative du risque » au cours de leur parcours professionnel, elle n'est en effet pas indépendante des situations. Les modèles opératoires du risque comprennent des représentations modèles des situations et des classes de situations qui sont articulées aux concepts pragmatiques, aux instruments et aux organisateurs de l'activité. Cette intégration s'appuie sur la conceptualisation des situations à risques.

Cela signifie, d'une part, que les modèles de gestion des risques par l'opérateur doivent prendre en compte l'articulation avec les situations de travail et, d'autre part, que pour aborder le développement des compétences, il est nécessaire de disposer de modèles qui permettent d'aborder la conceptualisation. Peu de modèles semblent alors disponibles pour analyser le développement des compétences pour la gestion des risques professionnels. Par exemple, le modèle de Hale et Glendon (1987) prend en compte l'interaction avec la situation traitée, mais ne permet pas de la caractériser autrement que du point de vue du danger. L'un des intérêts du modèle d'Amalberti (1996) est justement de considérer les situations à risque et les activités de gestion des risques externes, mais aussi internes, qui permettent d'y faire face.

Le modèle de Hale et Glendon permet également d'identifier des phases de contrôle du danger, d'analyser des erreurs de l'opérateur pour chacune de ces phases en prenant en compte les niveaux de fonctionnement (automatismes, règles, connaissances), mais ne permet pas de rendre compte de la conceptualisation. Par exemple, les schèmes pourraient, à un premier niveau, être analysés comme des automatismes ou des règles, mais leurs articulations avec les concepts pragmatiques ou les classes de situations restent difficilement appréhendables. Par ailleurs, comparativement au modèle de Hale et Glendon, l'intérêt du modèle d'Amalberti est de proposer un changement de perspective sur la fiabilité humaine : l'évitement de toute erreur ou défaillance n'est plus considéré comme l'objectif à atteindre. L'auteur propose un modèle de « sécurité écologique », mettant au centre le compromis

cognitif. Dans ce cadre, «les erreurs s'avèrent n'être finalement que le prix à payer à un compromis bien contrôlé » (Amalberti, 2001, p. 106).

### 1.3. QUELLES FORMATIONS A LA GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS ?

Ce travail avait aussi pour objectif de caractériser les situations de formations qui favoriseraient le développement des compétences pour la gestion des risques professionnels. Cet objectif répond également à une demande de la RATP, qui a accueilli notre recherche : comment améliorer les formations à la gestion des risques professionnels ? Nos travaux ne conduisent pas à apporter des précisions sur les connaissances techniques qui doivent être transmises aux opérateurs en formation. Nos recommandations concernent plutôt le développement des compétences en fonction du champ et du degré d'expérience, et l'intégration des aspects techniques et sécuritaires.

Les formations professionnelles que nous avons pu observer en milieu scolaire ou en entreprise sont de deux types : des formations à la prévention des risques professionnels et des « formations techniques ». Les risques professionnels sont traités indépendamment des aspects techniques du métier. D'autre part, les formations à la gestion des risques électriques sont essentiellement technico-réglementaires et ont pour objectif l'habilitation des opérateurs, en d'autres termes leur certification.

Partant de ce constat et sur la base de nos résultats, des formations à la gestion des risques professionnels peuvent être élaborées en prenant en compte le champ et le degré d'expérience des opérateurs. De façon complémentaire, à partir de la littérature, plusieurs types de formations peuvent être envisagés. Enfin, ces résultats permettent de s'interroger sur les dimensions des compétences qui peuvent être acquises dans un cadre scolaire ou en entreprise.

#### **1.3.1. Contenus des formations**

En fonction du niveau de développement des compétences pour la gestion des risques, plusieurs types de formations peuvent être envisagés au cours de la vie professionnelle.

Pour des opérateurs en formation initiale par alternance, des situations didactiques peuvent être élaborées avec pour objectif le développement des modèles de normalité, mais également l'amélioration du traitement des situations non prototypiques, en mettant l'accent sur la représentation de situations anormales, ce qui pourrait favoriser le développement de stratégies de diagnostic intégrant mieux les concepts pragmatiques. Des opérateurs peu expérimentés sont également concernés par ces derniers points.

Lors de la modification de l'organisation des services de maintenance de l'entreprise, des

opérateurs expérimentés ont été formés à certaines caractéristiques de leur nouveau domaine d'activités. Ces formations portaient essentiellement sur les connaissances techniques. D'autres types de connaissances plus spécifiques des processus de travail peuvent être pris en compte dans ces formations, par exemple en utilisant des accidents dont l'une des causes est une erreur latente de branchement.

Concernant des opérateurs qui ont une expérience à la fois du métier et du poste de travail, des formations pourraient plutôt mettre l'accent sur les fonctions des règles de sécurité et sur le développement de nouveaux instruments. Ce point concerne d'ailleurs des opérateurs de différents types et niveaux d'expérience. Différents artefacts peuvent être proposés ainsi que leurs utilisations possibles en mettant l'accent sur leurs limites éventuelles. Ces apports ne se borneraient pas à ce qui est prescrit par les règles de sécurité, mais prendraient en compte l'équivalence fonctionnelle et la complémentarité. Par exemple, des savoir-faire de prudence pourraient être analysés en formation de ce point de vue. Il s'agit alors davantage d'une formation portant sur la fonctionnalité des instruments pour gérer les risques professionnels que d'une formation dont l'objectif serait le respect des règles de sécurité. L'explicitation de la « théorie » sous-jacente à la réglementation, proposition de Mayen et Savoyant (1999), peut constituer un complément important pour examiner la fonctionnalité des instruments mis en œuvre par les professionnels.

### **1.3.2. Types de situations de formation**

Différents types de situations didactiques peuvent être envisagés : situations de simulation et/ou formations prenant appui sur la collectivité de travail.

Rappelons brièvement l'intérêt des situations de simulations, notamment en transposant des aspects des situations anormales :

- Elles sont constituées de trois phases d'apprentissage : avant, pendant et après (Pastré, 1997).

L'apprentissage après, debriefing, peut bénéficier à la fois des traces de l'activité et des interventions du formateur, ce qui favorise un retour réflexif sur sa propre activité. Le développement des compétences ne se résume pas à la juxtaposition de phases d'apport de connaissances et de réalisation de l'activité (Pastré, 1999, e).

La spécificité des simulations réside surtout dans la possibilité de jouer sur l'« effet de réel ». L'effet de réel peut être mis entre parenthèses : la simulation offre la possibilité de réaliser des actes présentant un risque tant pour le système technique — tester ses limites, par exemple — que pour le système de travail dans son ensemble — les conséquences d'une action sur le système peuvent être éliminées — ou pour l'opérateur lui-même — on peut proposer des simulations qui éliminent les conséquences du risque électrique pour l'opérateur, à condition qu'il dispose d'un feed-back suffisant. Dans ce cadre, le type de décomposition du réel — découpage, découplage, focalisation (Samurçay, Rogalski, 1998) — en fonction des

objectifs de la formation est une question clé.

Jouer sur l'effet de réel peut donc constituer un moyen pour favoriser le développement de compétences impliquées dans la gestion du risque externe, mais aussi interne, dans la mesure où l'opérateur peut acquérir des connaissances sur ses propres limites, sur ses compétences. D'autre part, la simulation permet de confronter l'opérateur à des situations anormales. Ce n'est actuellement pas envisagé par les formations auxquelles nous avons eu accès. Pour les formateurs, il est surtout question de former « à ce qu'il faut faire ». De leur point de vue, les situations anormales n'entrent pas dans ce cadre. Or ces situations ne sont pas rares, comme le montrent les analyses d'accidents. De plus, l'erreur de branchement élaborée pour notre situation de simulation repose sur une anomalie existante, et de telles situations sont également identifiées en milieu scolaire. Elles n'existent donc pas uniquement dans les situations de travail et concernent aussi les situations de formation. Il nous paraît donc nécessaire d'élaborer des situations didactiques à partir des situations anormales de travail pour contribuer au développement des compétences qui permettent d'y faire face.

- Les formations peuvent également prendre appui sur la collectivité de métier.

Par exemple, les ARCAV<sup>33</sup> analysées par Mhamdi (1998) ont l'avantage de mettre au jour différents modes de gestion du risque et de permettre d'en débattre, de favoriser la conception d'artefacts nouveaux, en s'appuyant sur les connaissances partagées, notamment concernant les processus de travail. De plus, les centres EDF qui ont mis en place de tels dispositifs sont ceux dans lesquels le taux d'accidents du travail a baissé<sup>34</sup>.

Utiliser la collectivité dans un objectif de formation concerne également la constitution des binômes d'opérateurs, puisque dans certaines entreprises un opérateur électricien n'intervient jamais seul. Par exemple, nous avons pu constater que les binômes pouvaient être constitués de deux opérateurs peu expérimentés ou d'opérateurs n'ayant que peu d'expérience au poste de travail. Proposer de constituer les binômes en intégrant des opérateurs plus expérimentés, notamment au poste de travail, peut également être envisagé. Si certaines entreprises, comme la RATP, mettent déjà en place de tels dispositifs, ils sont prévus uniquement lors de l'intégration de l'entreprise (accueil au poste) et pour de courtes durées. Ces dispositifs pourraient donc être étendus.

### **1.3.3. Contribution des entreprises à la formation des opérateurs entrants**

En spécifiant différents types de formations en fonction du champ et du degré d'expérience, nous soulignons différents aspects, dont certains ne peuvent pas être acquis en formation

---

<sup>33</sup> Activités réflexives collectives assistées par vidéo.

<sup>34</sup> La relation causale n'a toutefois pas pu être établie.

initiale dans le cadre scolaire : des connaissances sur le processus de travail, des flux d'informations qui peuvent être impliqués dans la gestion des risques (Samurçay, Vidal-Gomel, à paraître), des règles spécifiques à une collectivité, ou des règles de métier, certains instruments, etc.

Lors de leur intégration à une entreprise (comme salarié ou comme stagiaire), le législateur a prévu que les opérateurs recevraient une formation à la sécurité<sup>35</sup>. Cette formation n'est pas systématiquement organisée, comme le notent François et Liévin (1986) à propos des travailleurs intérimaires ou encore Frigul et Thébaud-Mony (1998). Mais la formation à la prévention des risques professionnels, quand elle est mise en place, reste « normative » et orientée par la certification de l'opérateur. Or ce sont des points qui ont déjà été présentés dans le cadre scolaire, qui prépare à l'habilitation par l'employeur. S'ils peuvent ne pas être totalement intégrés, comme nous avons pu le noter, ils ne sont pas méconnus. L'accent pourrait alors être mis sur les fonctions des règles de sécurité pour gérer les risques. Les formations proposées lors de l'embauche pourraient davantage se centrer sur ce qui ne peut pas être acquis en milieu scolaire. Il s'agit de spécificités techniques de l'entreprise. Par exemple, la RATP utilise trois types de liaisons à la terre différents<sup>36</sup>, qui prennent en compte ou non la protection des opérateurs. Les signaux informels utilisés par les opérateurs de l'entreprise peuvent être présentés, comme pourraient l'être les savoir-faire de prudence et leurs fonctions pour gérer les risques. Ces formations pourraient compléter les apports du tuteur à un stagiaire ou d'un collègue plus expérimenté à un salarié nouvellement embauché.

## **2. POUR CONCLURE, DES QUESTIONS RESTENT OUVERTES...**

À l'issue de ce travail, plusieurs types de questions restent en suspens. Nous en relevons ici quelques-unes en revenant sur des dimensions des compétences pour gérer les risques professionnels qui restent à explorer et sur la conception des artefacts. Nous reviendrons également sur la formation initiale et sur la gestion des risques dans les situations didactiques.

### **2.1. DES DIMENSIONS DES COMPÉTENCES IMPLIQUÉES DANS LA GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS RESTENT À EXPLORER**

Nous mettrons ici l'accent sur deux points : les activités collectives et la confiance.

#### **2.1.1. Activités collectives et compétences**

La gestion des risques professionnels prend aussi appui sur le collectif de travail (De la Garza, 1995 ; Llory, 1997, par exemple). Dans la situation de simulation, étant donné les

---

<sup>35</sup> Articles L. 231-3-1 et R. 231-34 du code du travail, décret 88-1056 du 14 novembre 1988 concernant les risques électriques

<sup>36</sup> Les trois types de liaisons à la terre sont présentés dans les annexes sur l'électricité.

contraintes temporelles et le faible effectif d'opérateurs disponibles, nous ne nous sommes pas intéressée aux activités collectives des opérateurs. Or ils n'interviennent pas seuls, mais systématiquement en binôme, dans l'entreprise. Il paraît alors pertinent de s'intéresser au fonctionnement du binôme, à son rôle dans la gestion des risques.

Par exemple, dans plusieurs situations d'accidents analysées, le coéquipier présent n'a pas été en mesure d'identifier le risque (A2, A4, A5, chapitre 4). Parfois, il n'a pas interprété la situation comme la production d'un accident. Ainsi, un coéquipier ne porte pas immédiatement assistance à l'opérateur électrisé, il pense qu'il s'est juste blessé aux mains, étant donné qu'ils avaient identifié le peu d'espace pour accéder aux différents éléments de l'armoire (A5). Dans ce cadre, les modèles opératoires semblent conduire à des identifications partagées du risque et semblent peu permettre la détection de difficultés de gestion des risques d'un coéquipier. Il s'agit sans doute d'une limite de notre travail qui ne conduit pas à l'identification et à l'analyse de la gestion collective des risques professionnels. Par ailleurs, peu de travaux existent sur l'identification et la récupération des erreurs dans un tel cadre. En effet, Rizzo *et al.* (1987, 1994) s'intéressent à l'autodétection des erreurs, et si Doireau *et al.* (1997) s'intéressent à la détection d'erreurs commises par un tiers, celui-ci reste extérieur à la situation : il observe le film du déroulement d'une activité. De plus, les auteurs notent des effets du statut : dans le film présenté, l'opérateur apparaît comme relativement expert, ce qui induit une confiance dans ses possibilités de la part de l'observateur extérieur. Si certaines erreurs sont identifiées, la tendance est de les excuser, et les opérateurs en formation hésitent à juger l'aîné, qui semble expérimenté. Le fonctionnement d'un binôme peut être différent de ce point de vue, les opérateurs ayant une représentation plus précise des compétences de l'autre.

D'autre part, si la gestion des risques peut reposer sur le fonctionnement du collectif, la mise en œuvre d'activités collectives nécessite aussi de développer des compétences spécifiques (Rogalski, 1995 b). Il paraît alors également nécessaire de s'intéresser aux compétences requises pour ces activités.

### **2.1.2. Compétences et confiance**

Dans notre travail, la confiance concerne l'état du dispositif et la qualité des interventions antérieures des autres opérateurs, puisqu'il s'agit d'une activité de coopération distribuée (Rogalski, 1994) différée, ces deux points étant en relation : la qualité des interventions antérieures détermine pour partie la confiance que l'on peut avoir en l'état du dispositif. Ces aspects de la confiance sont donc complémentaires de ceux qui sont abordés par Amalberti (1996), Lee et Moray (1994).

Amalberti (1996) met en évidence différentes étapes d'évolution de la confiance en soi et souligne leur relation avec le développement des métaconnaissances. La confiance en soi est donc mise en rapport avec une dimension des compétences à acquérir. Par ailleurs, Lee et Moray (1994) s'intéressent à la confiance dans les automatismes. Différentes étapes de son

évolution sont ici également mises au jour, ce développement étant articulé à celui de l'expérience d'utilisation des automatismes. La question du développement des compétences reste ici sous-jacente.

En mettant en rapport l'évolution de la confiance (dans l'état du dispositif et dans la qualité des interventions des autres) et le développement des modèles opératoires du risque, nous précisons des dimensions des compétences en jeu. En effet, le développement de représentations modèles des situations anormales fait évoluer la confiance. Il concerne également le développement des concepts pragmatiques. Il met en jeu à la fois le champ et le niveau d'expérience, l'expérience au poste conduisant à l'extension et à la précision des représentations des situations anormales.

La confiance semble alors évoluer de façon parallèle au développement des modèles opératoires du risque. Toutefois, dans ce travail, nous ne disposons que de peu de données sur la relation entre métaconnaissances et confiance en soi. Elles constituent une dimension des compétences à acquérir. Leur développement pourrait être éclairé en le mettant en relation avec celui des modèles opératoires du risque et des instruments, en s'interrogeant sur les relations entre ces différentes entités.

## 2.2. CONCEPTION DES ARTEFACTS IMPLIQUÉS DANS LA GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS

Aborder les règles de sécurité du point de vue des systèmes d'instruments élaborés par les opérateurs et de celui du développement des modèles opératoires du risque permet de réinterroger des choix de prévention et de conception des artefacts destinés à la gestion des risques professionnels.

Nous prendrons comme exemple deux artefacts : le VAT<sup>37</sup> et le multimètre. Du point de vue de la prévention, l'un doit constituer un instrument de vérification d'absence de tension, l'autre un instrument de mesure, y compris en volts. Leurs fonctions devraient donc être différentes. Or, pour les opérateurs, ils ont une même fonction : mesures et vérification ne sont pas différenciées. La différenciation de ces fonctions est fondée sur la différenciation des aspects sécuritaires et des aspects techniques, ce qui ne semble pas correspondre au mouvement de développement des compétences des opérateurs. Il intègre ces deux dimensions. De plus, les artefacts sont choisis par les opérateurs en fonction de la possibilité de constituer plusieurs instruments différents, de leurs contraintes d'utilisation ou encore de fonctionnement.

Les raisons et le questionnement qui ont abouti à la conception du VAT — artefact plus récent que le multimètre — nécessiteraient donc d'être approfondies, particulièrement au regard de l'évolution des fonctions constituantes du VAT. Les retours issus du terrain sur la

---

<sup>37</sup> Vérificateur d'absence de tension.

conception du VAT semblent conduire à un rapprochement des fonctions constitutives du VAT et du multimètre. Ainsi, les VAT des dernières générations indiquent la valeur de la mesure en volts. Le signal sonore en présence de tension n'est donc plus l'unique information accessible. Par ailleurs, ils permettent de réaliser des mesures en ohms, sur la continuité. Ces nouvelles fonctions du VAT sont pour partie celles du multimètre.

Ces évolutions, comme nos résultats, semblent remettre en cause le modèle du sujet tant pour la prévention des risques professionnels que pour la conception des artefacts qui s'y rapportent. En effet, ce modèle est celui d'un sujet qui applique des règles conçues par d'autres, qui ne gèrent les risques professionnels que sur cette base. Le développement des compétences, notamment la constitution d'un système d'instruments, à la fois redondant et complémentaire au regard des fonctions de sécurité d'une règle, peut constituer un modèle alternatif pour la conception des artefacts techniques et des règles de sécurité.

### 2.3. ÉLARGIR L'APPROCHE DE LA FORMATION INITIALE

Un seul type de formation initiale des opérateurs a pu être pris en compte dans ce travail : la formation par alternance. Or la formation plus classique, dans le cadre scolaire, pose également des questions.

Si elle permet également la confrontation à des situations réelles de travail par la réalisation de stages en entreprise, l'immersion reste limitée dans le temps, et tous les stages ne sont pas équivalents pour favoriser le développement des compétences professionnelles. En effet, Thébaud-Mony et Frigul (Frigul, Thébaud-Mony, 1998 ; Thébaud-Mony, Frigul, 1998) différencient quatre types de stages, qui ne conduisent pas tous à réaliser des activités du domaine professionnel.

Une étude, réalisée par Quentin (1999), met d'ailleurs en relation type de stage réalisé et dimensions des compétences pour la gestion des risques professionnels. Ce travail pourrait être poursuivi, notamment, en comparant plus précisément les élèves en lycée professionnel avec des opérateurs en formation par alternance. Intégrant une entreprise, les besoins en formation de ces deux types de populations pourraient être différents, et les dimensions de leurs compétences pour la gestion des risques pourraient ne pas avoir le même niveau de développement. Ce travail pourrait déboucher sur l'identification plus précise des compétences élaborées au cours d'une formation par alternance et au cours d'une formation plus académique.

### 2.4. LA GESTION DES RISQUES DANS LES SITUATIONS DIDACTIQUES

S'intéresser au contenu des formations à la gestion des risques professionnels pose la question de la gestion des risques dans les situations didactiques elles-mêmes par le tuteur ou le formateur. Question d'ailleurs soulignée par Rousseau (1998) dans une étude sur la gestion

des risques dans un lycée professionnel.

En ayant accès aux salles de travaux électriques d'un lycée professionnel, nous avons pu constater que les élèves n'avaient que peu l'occasion de réaliser des tâches en présence de tension. Les élèves travaillent en binômes sur des dispositifs de simulation généralement hors tension. L'enseignant passe de groupe en groupe. Il lui est donc difficile de suivre chacun des binômes et d'assurer leur sécurité. Or il est juridiquement responsable en cas d'accident. Les choix d'organisation du travail en salle, la responsabilité de l'enseignant en cas d'accident sont sans doute à l'origine de l'utilisation de dispositifs hors tension. Proposer des situations didactiques confrontant des élèves à des situations anormales nécessite alors de mieux intégrer les caractéristiques de l'activité de travail de l'enseignant, notamment celles qui sont impliquées dans la gestion des risques.

Les études sur l'activité de travail des formateurs ou des enseignants restent encore peu nombreuses (Rogalski, 2000 ; Delvolvé, Podou-Zerbato, 1998 ; Goigoux, 1997). Aucune ne s'intéresse à l'organisation de leur travail, aux possibilités qu'elle offre ou non pour mettre en place des situations didactiques impliquant la gestion des risques par le formé et le formateur, à la gestion des risques par l'enseignant dans ces situations.

Dans ce contexte, la proposition de Rogalski (*op. cit.*) d'appréhender l'activité de l'enseignant comme la gestion d'un environnement dynamique peut être productive. Étant donné ses particularités — l'objectif de formation —, elle propose de compléter cette première approche par un modèle de la médiation. Ainsi, on peut considérer que l'ensemble formé par un binôme d'élèves traitant une tâche sur un dispositif technique particulier est un environnement qui a une dynamique qui lui est propre. L'activité de l'enseignant peut être analysée comme l'identification de l'état de cet environnement et de ses évolutions, notamment du point de vue du risque et de sa gestion. Cette activité conduit à une décision d'intervention ou de non-intervention. Dans un second temps, les interventions de l'enseignant peuvent être analysées du point de vue de la médiation du rapport de l'élève aux compétences qu'il a à développer.

# **Bibliographie**

- Amalberti R., 1996, *La conduite des systèmes à risques*, PUF, Paris.
- Amalberti R., 1997, Notions de sécurité écologique : le contrôle du risque par l'individu et l'analyse des menaces qui pèsent sur ce contrôle. Approche psycho-ergonomique, *Les actes du 9<sup>e</sup> séminaire du programme CNRS : Risques collectifs et situations de crise*, 6 novembre, École nationale supérieure des mines, Paris.
- Amalberti R., 1998, Gestion dynamique des erreurs et contrôle de processus, *Actes du XXXIII<sup>e</sup> Congrès de la SELF : Temps et Travail*, 16-18 septembre, Paris, pp. 261-270.
- Amalberti R., 2001, La maîtrise des situations dynamiques, *Psychologie française*, 46, 2, pp. 105-117.
- Amalberti R., Hoc J.-M., 1998, Analyse des activités cognitives en situation dynamique : pour quels buts ? Comment ?, *Le travail humain*, 61, 3, pp. 209-234.
- Anderson J. R., 1983, *The architecture of cognition*, Harvard university press, Cambridge.
- Anderson J. R., 1987, Skills acquisition : compilation of weak-method problem solutions, *Psychological review*, 94, pp. 192-210.
- Anderson J. R., Fincham J. M., 1994, Acquisition of procedural skills from examples, *Journal of experimental psychology : learning memory and cognition*, 20, pp. 1322-1340.
- Battmann W., Klumb P., 1993, Behavioural economics and compliance with safety regulations, *Safety science*, 16, pp. 35-46.
- Bertrand L., Weill-Fassina A., 1993, Formes des représentations fonctionnelles et contrôle des actions dans le diagnostic de panne, in A. Weill-Fassina, P. Rabardel, D. Dubois (Eds.) : *Représentations pour l'action*, Octarès Éditions, Toulouse, pp. 247-269.
- Boreham N., Samurçay R., Fischer M., à paraître, *Work process knowledge in technological and organisational development*.
- Boshuizen H. P. A., Schmidt H. G., Custers J. F. M. Van de Wiel M. W., 1995, Knowledge development and restructuring in the domain of medicine : the role of theory and practise, *Learning and instruction*, 24, 4, 269-289.
- Boucheix J.-M., Chanteclair A., 1999, Analyse de l'activité, cognition et situations d'apprentissage : le cas des conducteurs de grues à tour, *Éducation permanente*, 139, 115-141.
- Bourdon F., Weill-Fassina A., 1994, Réseaux et processus de coopération dans la gestion du trafic ferroviaire, *Le travail humain*, 57, 3, pp. 217-287.
- Boutier D., Pastré P., Samurçay R., 1995, (Eds.) : Le développement des compétences. Analyse du travail et didactique professionnelle, *Éducation permanente*, 123.
- Brehmer B., 1987, The psychology of risk, in W. T. Singleton, J. Hovden (Eds) : *Risk and decision*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, pp. 25-39.

- Bromberg M., Chabrol C., 1997, Jeunes compagnons faces aux risques du métier du bâtiment, *rapport final : Synthèse et conclusions de l'analyse*, Convention d'étude INRS, CRAM, SAE Bâtiment et GRP, Université Paris VIII, Saint-Denis.
- Brousseau G., 1988, Le contrat didactique : le milieu, *Recherches en didactique des mathématiques*, 9, 3, pp. 309-336.
- Caillot M., Nguyen-Xuan A., 1993, Adults' understanding of electricity, in M. Caillot (Ed.) : *Learning electricity and electronics with advanced educational research*, Springer, Berlin, pp. 131-146.
- Caillot M., Nguyen-Xuan A., 1995, Adults' understanding of electricity, *Public understanding of sciences*, 4, pp. 131-151.
- Carnet de prescriptions au personnel. Prévention du risque électrique*, 1991, édité par EDF-GDF, Paris.
- Caroly S., Scheller L., 1999, Expérience et compétences des guichetiers de La Poste dans leur rapport à la règle, *Actes du XXXIV<sup>e</sup> congrès de la SELF : Ergonomie et relations santé-travail, fiabilité des systèmes et des organisations, critères de gestion des entreprises*, Caen, 15-17 septembre, pp. 221-229.
- Ceccaldi D., 1990, *L'enseignement de la prévention des risques professionnels dans les formations techniques*. Rapport du groupe de travail, secrétariat d'État à l'Enseignement technique et ministère des Affaires sociales, Paris.
- Chatigny C., Vézina N., 1995, Analyse du travail et apprentissage d'une tâche complexe ; étude de l'affilage du couteau dans un abattoir, *Le travail humain*, 58, 3, pp. 229-252.
- Chesnais M., 1990, Erreur, facteur de risque ou prise de risque, facteur d'erreur ?, in J. Leplat, G. de Terssac (Eds.) : *Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes*, Octarès Editions, Toulouse, pp. 211-221.
- Chesnais M., Vidal C., 1995, *Étude sur la prévention des risques ferroviaires et des accidents du travail à la fonction équipement dans la région Paris-Nord*. Contrat SNCF/NEB, octobre, Saint-Denis.
- Chi M. T. H., Feltovitch P. J., Glaser R., 1981, Categorisation and representation of physic problems by experts and novices, *Cognitive science*, 5, pp. 121-152.
- Cicourel V. A., 1994, La connaissance distribuée dans le diagnostic médical, *Sociologie du travail*, 4, pp. 427-449.
- Closet J.-L., 1989, Les obstacles à l'apprentissage de l'électrocinétique, *Bulletin de l'Union des physiciens*, 716, 931-948.
- Clot Y., 1997, Le problème des catachrèses en psychologie du travail : un cadre d'analyse, *Le travail humain*, 60, 2, pp. 113-129.
- Clot Y., Faï ta D., 2000, Genres et styles en analyse du travail. Concepts et méthodes. *Travailler*, 4, pp. 7-42.

- Cloutier E., David H., Teiger C., Prévost J., 1999, Les compétences des auxiliaires familiales et sociales expérimentées dans la gestion des contraintes de temps et des risques de santé, *Formation et emploi*, 67, pp. 63-75.
- Cru D., 1993, « Aucun risque ! » Travail, représentation du risque et prévention, *Éducation permanente*, 117, pp. 75-83.
- Cru D., 1995, *Règles de métier, langue de métier : dimension symbolique au travail et démarche participative de prévention. Le cas du bâtiment et des travaux publics*, Mémoire pour l'obtention du diplôme de l'EPHE, sciences de la vie et de la terre, Paris.
- Cuny X., 1981, *La fonction sémiotique dans le travail. L'élaboration et l'utilisation des systèmes non verbaux chez l'adulte*, doctorat d'État, université Bordeaux-II, Bordeaux.
- Cuny X., Kraswsky G., 1970, Pratique de l'analyse d'accidents du travail, dans la perspective socio-technique de l'ergonomie des systèmes, *Le travail humain*, 33, 3-4, pp. 271-228.
- Daniellou F., 1992, *Le statut de la pratique des connaissances dans l'intervention ergonomique de conception*, Document de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches, université Toulouse-II-le Mirail, Toulouse.
- Davezies P., 1993, Éléments de psychodynamique du travail, *Éducation permanente*, 116, pp. 33-46.
- Davidson, J.-C., 1989, *Les représentants des délégués CHSCT du bâtiment*, Rapport, In.PACT, Paris.
- De Brito G., 1998, Study of the use of Airbus flight-deck procedures and perspectives for occupational documentation, in *Proceedings of the HCI-Aero'98*, Montréal, Canada, 27-29 May, pp. 195-201.
- De Brito G., Boy G., 1999, Situation awareness and procedure following, in J.-M. Hoc, P. Millot, E. Hollnagel, C. Cacciabue (Eds.) : *CSAPC'99 Human-machine reliability and cooperation*, Presses universitaires de Valenciennes, Villeneuve-d'Ascq, pp. 9-14.
- De Brito G., Veyrac H., 1997, Catégorisation des représentations du prescrit et non-respect des procédures, *Actes du XXXII<sup>e</sup> Congrès de la SELF: Recherches, pratiques, formations en ergonomie. Évolutions et interactions dans un contexte social, économique et technologique*, Lyon, pp. 115-124.
- De Keyser V., 1989, L'erreur humaine, *La recherche*, 216, pp. 1444-1455.
- De Keyser V., 1996, Les erreurs temporelles et les aides techniques, in J.-M. Cellier, V. De Keyser, C. Valot (Eds.) : *La gestion du temps dans les environnements dynamiques*, PUF, Paris, pp. 287-309.
- De Keyser V., Samurçay R., 1998, Théories de l'activité, action située et simulateurs, *Le travail humain*, 61, 4, pp. 305-312.
- De la Garza C., 1995 a, *Gestions individuelles et collectives du danger et du risque dans la maintenance d'infrastructures ferroviaires*, thèse d'ergonomie, EPHE, Paris.

- De la Garza C., 1995 b, Modes de gestion collective du travail et de la sécurité dans les chantiers d'entretien des voies ferrées, *Performances humaines et techniques*, 78, pp. 22-27.
- De la Garza C., 1999, Fiabilité individuelle et organisationnelle dans l'émergence de processus incidentels au cours d'opérations de maintenance, *Le travail humain*, 62, 1, pp. 93-97.
- De la Garza C., Weill-Fassina A., 1995, Les modalités de gestion collective des risques ferroviaires sur des chantiers d'entretien des voies, *Recherche transports sécurité*, 49, 73-84.
- De Terssac G., 1992, *L'autonomie dans le travail*, PUF, Paris.
- Dejours C., 1987, Approche du risque par la psychopathologie du travail, in J.-L. Fabiani et J. Theys (Eds.) : *La société vulnérable*, Presses de l'école normale supérieure de Paris, pp. 225-230.
- Dejours C., 1993, Intelligence pratique et sagesse pratique : deux dimensions méconnues du travail réel, *Éducation permanente*, 116, pp. 47-70.
- Dejours, C., 1996, Prescription, transgression et souffrance dans le travail, in J. Girin et M. Grosjean (Eds.) : *La transgression des règles au travail*, L'Harmattan, pp. 107-118.
- Delvolvé N., Poudou-Zerbato M. T., 1998, Didactique, pédagogie, ergonomie, quelle complémentarité ?, *II<sup>e</sup> Journées « recherche et ergonomie » : L'ergonomie et les sciences cognitives. L'ergonomie et les sciences de l'homme. Qu'est-ce que la recherche en ergonomie ?*, SELF-LTC-CNRS-université Toulouse-II-le Mirail, 9-11 février, Toulouse, pp. 113-116.
- Dessors D., 1994, Accidents de flux tendus, *Santé et travail*, 8, pp. 3-5.
- Dodier N., 1989, Exploits, protestations, expertises : les formes d'expression de l'impératif de sécurité dans une entreprise, *Prévenir*, 19, pp. 71-88.
- Dodier N., 1993, Les arènes des habiletés techniques, *Raison pratique : les objets dans l'action*, 4, pp. 115-139.
- Dodier N., 1996, Ce que provoquent les infractions, in J. Girin et M. Grosjean (Eds.) : *La transgression des règles au travail*, L'Harmattan, pp. 11-37.
- Doireau P. Wioland L., Amalberti R., 1997, La détection des erreurs humaines par des opérateurs extérieurs à l'action : le cas du pilotage d'avion, *Le travail humain*, 60, 2, pp. 131-135.
- Doniol-Schaw G., Huez D., Sandret N., 1995, *Les intermittents du nucléaire. Enquête STED sur le travail en sous-traitance dans la maintenance des centrales nucléaires*. Octarès Éditions, Toulouse.
- Duvenci-Langa S., 1997, *Évolution de l'activité et des compétences en situation d'automatisation : le cas des machines-outils*, thèse d'ergonomie, CNAM, Paris.
- Dwyer T., 1992, Industrial safety engineering—challenge to the future, *Accident analysis and*

*prevention*, 23, pp. 265-273.

Enseigner la prévention des risques professionnels. *Habilitation électrique*, 1996, INRS, Paris.

Étienne P., 1994, L'évaluation des risques par les représentants des salariés : quel apport de l'ergonomie ?, *Actes du Congrès IEA*, Toronto, pp. 80-83.

Étienne P., 1995, The role of health and safety representatives in France in the 90's from formal rights to real intervention, *Actes du colloque : International research workshop : Understanding the work environment, from medical-technical problem solving to a process of participative management*, Stockholm, mai.

Faï ta D., Duc M., 1996, Savoir-faire d'encadrement et prescription floue. Modulation des consignes opératoires sur les chantiers du bâtiment, in J. Girin et M. Grosjean (Eds.) : *La transgression des règles au travail*, L'Harmattan, Paris, pp. 51-81.

Favaro M., 1995, Quelques conditions d'organisation associées à la mise en œuvre des politiques de prévention en entreprise, *Performances humaines et techniques*, 77, pp. 18-22.

Faverge J.-M., 1967, *Psychosociologie des accidents du travail*, PUF, Paris.

Faverge J.-M., 1980, Le travail en tant qu'activité de récupération, *Bulletin de psychologie*, 33, 344, pp. 203-206.

Fischer M., 1998, Understanding professional competence : questions raised by the Work Competence Knowledge Approach", *3<sup>rd</sup> WHOLE workshop on work process knowledge*, 2-5 décembre, Siene.

*Formation et emploi*, 1999, numéro spécial : Activité de travail et dynamique des compétences, 67.

François M., Liévin D., 1986, Approche des risques professionnels des travailleurs intérimaires, *Cahiers de notes documentaires*, 124, pp. 305-317.

François M., Liévin D., 1994, Précarité, double risque, *Santé et travail*, 8, pp. 38-41.

Frigul N., Thébaud-Mony A., 1998, *Construction de l'expérience en santé au travail de jeunes en fin d'enseignement professionnel et à l'entrée dans la vie active*, rapport de recherche, 31 octobre, CRESP-Paris-XIII, Bobigny.

Fuller, R., 1984, A conceptualisation of driving behaviour as threat avoidance, *Ergonomics*, 27, 11, pp. 1139-1155.

Galinier V., 1997, Concevoir autour des schèmes d'utilisation : l'exemple d'une boîte de vitesse semi-automatique, *International journal of design and innovation research*, 10, pp. 41-57.

Gaudart C., Pondaven S., 1998, Polyvalence, vieillissement et expérience dans les métiers de la sidérurgie, *Actes du XXXII<sup>e</sup> Congrès de la SELF : Temps et travail*, Paris, 16-18 septembre 1998, pp. 599-609.

- Gaudart C., Weill-Fassina A., 1999, L'évolution des compétences au cours de la vie professionnelle : une approche ergonomique, *Formation et emploi*, 67, pp. 47-62.
- George C., 1990, Acquisition des connaissances, in J.-F. Richard, C. Bonnet, R. Ghiglione (Eds.) : *Traité de psychologie cognitive, tome 2 : Le traitement de l'information symbolique*, Dunod, Paris, pp. 92-102.
- Goguelin P., 1988, Risque et prise de risque, in P. Goguelin, X. Cuny (Eds) : *La prise de risque dans le travail*, Octarès Entreprise, Marseille, pp. 21-38.
- Goigoux R., 1997, La psychologie cognitive ergonomique : un cadre d'étude des compétences professionnelles des enseignants de français, *La lettre de la DFLM*, 21, 2, pp. 56-61.
- Grussenmeyer C., 2000, Organisation de la maintenance et interactions maintenance-production dans une fonderie d'aluminium, *Les notes scientifiques et techniques de l'INRS*, 182, INRS, Paris.
- Hale A. R., 1990, Possibilities and limitations in behavioural safety strategies, *Journal of occupational accidents*, 12, pp. 3-20.
- Hale A. R., 1995, Training course for specialists in working conditions : some survey results, *Safety science*, 20, 2-3, pp. 173-182.
- Hale A. R., Glendon A. I., 1987, *Individual behaviour in the control of danger*. Elsevier Sc. Publishers, Amsterdam.
- Hale A. R., Hale M., 1970, Accidents in perspective, *Occupational psychology*, 44, pp. 115-122.
- Hale A. R., Swuste P., 1998, Safety rules : procedural freedom or action constraint ?, *Safety science*, 29, pp. 163-177.
- Harvey L., Anderson J. R., 1996, Transfer of declarative knowledge in complex information processing domains, *Human-computer interaction*, 11, pp. 69-96.
- Heiny P., Capliez A., 1980, *Technologie de l'électricité, tomes 1 et 2*, Foucher, Paris.
- Hoc J.-M., Amalberti A., 1994, Diagnostic et prise de décision dans les situations dynamiques, *Psychologie française*, 39, 2, pp. 177-192.
- Hoc J.-M., Amalberti A., 1995, Diagnosis : some theoretical questions raised by applied research, *Current psychology of cognition*, 14, 1, pp. 73-101.
- Hoc J.-M., Amalberti R., 1998, Analyse des activités cognitives en situation dynamique : d'un cadre théorique à une méthode, *Le travail humain*, 62, 2, pp. 97-129.
- Hoc J.-M., Amalberti R., Boreham N., 1995, Human operator expertise in diagnosis, decision making, and time management, in J.-M. Hoc, E. Hollangel, C. Cacciabue (Eds.) : *Expertise and technology*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, pp. 19-42
- Hoc J.-M., Samurçay R., 1992, An ergonomic approach to knowledge representation, *Reliability, engineering and system safety*, 36, pp. 217-230.

- Inhelder B., Cellérier G., 1992, *Le cheminement des découvertes chez l'enfant. Recherche sur les microgenèses cognitives*, Actualités pédagogiques et psychologiques, Delachaux et Niestlé, Paris.
- Johnson W. B., Rouse W. B., 1982, Training maintenance technicians for troubleshooting: two experiments with computer simulations, *Human factors*, 1982, 24, 3, pp. 271-276.
- Johnson-Laird P. N., 1983, *Mental models*, Cambridge university press, Cambridge.
- Johnson-Laird P. N., 1993, La théorie des modèles mentaux, in M. F. Erlich, H. Tardieu, M. Cavazza (Eds.) : *Les modèles mentaux. Approche cognitive des représentations.*, Masson Paris, pp. 1-22.
- Johsua S., Dupin J. J., 1993, Using « modelling analogies » to teach basic electricity: a critical analysis, in M. Caillot (Ed.) : *Learning electricity and electronics with advanced educational research*, Springer, Berlin, pp. 39-55.
- Konradt U., 1995, Strategies of failure diagnosis in computer controlled manufacturing systems: empirical analysis and implication for the design of adaptive decision support system, *International journal of human-computer studies*, 43, pp. 503-521.
- Krawski G., Davillerd C., 1997, Conditions d'acceptation des équipements de protection individuelles : étude bibliographique et positionnement du problème, *Les notes scientifiques et techniques de l'INRS*, 152, INRS, Paris.
- Krawski G., Lievin D., Vautrin J. P., 1985, Travail isolé et sécurité. Étude exploratoire du problème et des solutions techniques, *Cahiers de notes documentaires*, 118, pp. 37-49.
- Lacomblez M., 1996, Ergonomic work analysis and professional training, *Safety science*, 23, 2-3, pp. 125-132.
- Lang N., 2000, *Outiller les enseignants et les élèves de lycées professionnels pour former des acteurs ergonomiques*, thèse d'ergonomie, EPHE, Paris.
- Lascours J., Calmette B., 1998, Difficultés d'étudiants à propos des circuits en courant alternatif, *Bulletin de l'Union des physiciens*, 800, pp. 41-61.
- Lave J. Wenger E., 1991, *Situated learning. Legitimate peripheral participation*, Cambridge university press, Cambridge.
- Le Joliff G., Chesnais M., Vidal-Gomel C., 1999, *Expertise risque grave*, ERETRA, Bagnolet.
- Le Joliff G., Lascaux C., Richelle M., Vidal-Gomel C., 2000, *Expertise CHSCT*, ERETRA, Bagnolet.
- Lee J., Moray N., 1994, Trust, self-confidence, and operator's adaptation to automation, *International journal of human-computer studies*, 40, PP. 153-184.
- Lefort B., 1982, L'emploi des outils au cours de tâches d'entretien et la loi ZIPF-Mendelbrot, *Le travail humain*, 45, 2, pp. 307-316.
- Lefort B., 1978, *L'emploi d'outils dans la résolution de problèmes pratiques*, thèse de

3<sup>e</sup> cycle, université de Dijon.

- Leplat J., 1985, Les représentations fonctionnelles dans le travail, *Psychologie française*, 30, 3-4, pp. 269-275.
- Leplat J., 1995, Causes et risque dans l'analyse des accidents, *Revue roumaine de psychologie*, 39, pp. 9-24.
- Leplat J., 1997 a, Event analysis and responsibility in complex systems, in A. Hale, B. Wilpert, M. Freitag (Eds.) : *After the event. From accident to organisational learning*, Pergamon, Elsevier science Ltd, Oxford, pp. 23-40.
- Leplat J., 1997 b, *Regards sur l'activité en situation de travail. Contribution à la psychologie ergonomique*, PUF, Paris.
- Leplat J., 1998 a, About implementation of safety rules, *Safety science*, 29, pp. 189-204.
- Leplat J., 1998 b, Analyse cognitive de l'erreur, *Revue européenne de psychologie appliquée*, 49, 1, pp. 31-41.
- Leplat J., Cuny X., 1966, Le codage des communications de travail dans une équipe d'ouvriers, *Bulletin du CERP*, 15, 2, pp. 119-143.
- Leplat, J., Cuny, X., 1977, Introduction à la psychologie du travail, PUF, Paris.
- Lichtenberger Y., 1999, Compétence, organisation du travail et confrontation sociale, *Formation et emploi*, 67, pp. 93-107.
- Lievin D., Krawski G., 1990, Le travail isolé et ses risques : une analyse sociotechnique, *Le travail humain*, 53, 1, pp. 33-51.
- Llory M., 1997, Human- and work-centered safety : keys for a new conception of management, *Ergonomics*, 40, 10, pp. 1148-1158.
- Mayen P., 1997, *Compétences pragmatiques en situation de communication professionnelle. Une approche de didactique professionnelle*, thèse de sciences de l'éducation, université Paris-V, Paris.
- Mayen P., 1999, Des situations potentielles de développement, *Éducation permanente*, 139, pp. 65-97.
- Mayen P., Savoyant A., 1999, Application de procédures et compétences, *Formation et emploi*, 67, pp. 77-92.
- Mhamdi A., 1998, *Les activités de réflexion collective assistées par vidéo : un outil pour la prévention*, thèse d'ergonomie, CNAM, Paris.
- Minguy J. L., 1997, Concevoir dans le sillage de l'utilisateur, *International journal of design and innovation research*, 10, pp. 59-78.
- Monteau M., 1988, La gestion de la prise de risque chez l'opérateur, in P. Goguelin, X. Cuny (Eds.) : *La prise de risque dans le travail*, Octarès Entreprise, Marseille, pp. 237-252.

- Monteau M., 1998, Évolution de l'accidentabilité du travail en France de 1974 à 1994 : Quelques constats, des questions, quelles réponses? *Les notes scientifiques et techniques de l'INRS*, 164, INRS, Paris.
- Monteau M., Favaro M., 1988, *Bilan des méthodes d'analyse a priori des risques*, Rapport INRS, 88/04, Paris.
- Monteau M., Kraswsky G., Cuny X., 1974, *Méthode pratique de recherche de facteurs d'accidents*, Rapport INRS, 77/RE, Paris.
- Montmollin M. de, 1997, La définition des objectifs. L'analyse du travail préalable à la formation, in M. de Montmollin, *Sur le travail. Choix de textes (1967-1997)*, Octarès Éditions, Toulouse (1<sup>re</sup> édition : 1994), pp. 33-42.
- Montmollin M. de, 1997, *Sur le travail. Choix de textes (1967-1992)*, Octarès Éditions, Toulouse (1<sup>re</sup> édition : 1994).
- Montreuil S., 1995, Formation à l'ergonomie des professionnels impliqués dans la conception et l'organisation des systèmes de travail, *Éducation permanente*, 124, pp. 29-39.
- Montreuil S., 1996, Ergonomics training for managers, employees and designers involved in the design and organisation on work system, *Safety science*, 23, 2-3, pp. 97-106.
- Morris M., Rouse W. B., 1985, Review and evaluation of empirical research in troubleshooting, *Human factors*, 27, 5, pp. 503-530.
- Morrisson D. L., Duncan K. D., 1988, Strategies and tactics in fault diagnosis, *Ergonomics*, 31, 5, pp. 761-784.
- Munley G. A., Patrick J., 1997, Training and transfer of structural fault-finding strategy, *Ergonomics*, 40, 1, pp. 92-109.
- Naatanen R. et Summala H., 1976, A model for the role of motivational factors' decision making, *Accidents analysis and prevention*, 6, pp. 243-261.
- Nardi B. A., 1996, Studying context : a comparison of activity theory, situated action models and distributed cognition, in B. A. Nardi (Ed.) : *Context and consciousness : activity theory and human-computer interactions*, MA : MIT press, Cambridge.
- Nguyen-Xuan A., Caillot M., Plénacoste P., Trémezaygues A., 1992, L'appropriation d'un nouveau savoir à partir d'analogies multiples, in A. Nguyen-Xuan, G. Denhière, J.-F. Richard : *Les mécanismes cognitifs en jeu dans la compréhension*, rapport de recherche EDF-GDF, ministère de la Recherche et de la Technologie, université Paris-VIII, Saint-Denis.
- Norros L., 1998, Accident and incident analysis as a tool for the elicitation of work process knowledge. 3<sup>rd</sup> *WHOLE workshop on work process knowledge*, 3-5 décembre, Siene.
- Ochanine D., 1978, Le rôle des images opératives dans la régulation des activités de travail, *Psychologie et éducation*, 2, pp. 63-72.
- Ohlson S., 1993, The interaction between knowledge and practice in the acquisition of

- cognitive skills, in S. Chapman, A. L. Meyrowitz (Eds.) : *Foundation of knowledge acquisition. Cognitive models of complex learning*, Kluwer academic publishers, London, pp. 148-208.
- Pastré P., 1992, Requalification des ouvriers spécialisés et didactique professionnelle, *Éducation permanente*, 111, pp. 33-53.
- Pastré P., 1994 a, Variations sur le développement des adultes et leurs représentations, *Éducation permanente*, 119, pp. 33-63.
- Pastré P., 1994 b, *Référentiels, compétences et analyse du travail*, cours présenté pour le concours de maître de conférences à l'ENESAD, Dijon.
- Pastré P., 1997, Didactique professionnelle et développement, *Psychologie française*, 42, 1, pp. 89-100.
- Pastré P., 1999 a, L'ingénierie didactique professionnelle, in P. Carré, P. Caspar (Eds.) : *Traité des sciences et des techniques de la formation*, Dunod, Paris, pp. 403-417.
- Pastré P., 1999 b, La conceptualisation dans l'action : bilan et nouvelles perspectives, *Éducation permanente*, 139, pp. 13-35.
- Pastré P., 1999 c, Travail et compétences : un point de vue de didacticien, *Formation et emploi*, 67, pp. 109-125.
- Pastré P., 1999 d, (Ed.) : Apprendre des situations, *Éducation permanente*, 139.
- Pastré P., 1999 e, Le rôle de l'analyse de l'activité dans le développement des compétences, in *Les cahiers du Club CRIN : Entreprises et compétences. Le sens des évolutions*, Club CRIN : Évolutions du travail face aux mutations technologiques, ÉCRIN, Paris, pp.141-164.
- Patrick J., 1989, Representation and training of fault-finding, *2<sup>nd</sup> european meeting on cognitive science approaches to process control*, 24-27 octobre, Siene .
- Patrick J., 1992, *Training research and practise*, Academic press, London.
- Patrick J., 1993, Cognitive aspects of fault-finding. Training and transfer, *Le travail humain*, 56, 2-3, pp. 187-209.
- Percier M., Wagemann L., à paraître, Activités tutorielles des instructeurs dans la formaton sur simulateur, in P. Pastré, R. Samurçay (Eds.) : *La didactique professionnelle*, Octarès Éditions, Toulouse.
- Plat M., Rogalski J., 1999, Human/human and human/systems interactions in highly automated cockpits. Instructors' interventions during full size simulator session, in qualification training, in J.-M. Hoc, P. Millot, E. Hollnagel, C. Cacciabue (Eds.) : *CSAPC'99 Human-machine reliability and cooperation*, Presses universitaires de Valenciennes, Villeneuve-d'Ascq, pp. 55-60.
- Publication UTE C 18-510, 1991, *Recueil d'instructions générales de sécurité d'ordre électrique*, Union technique de l'électricité de Paris (première édition : 1988).

- Pueyo V., 1999, *Régulation de l'efficience en fonction de l'âge et de l'expérience professionnelle dans la gestion du contrôle de qualité dans la sidérurgie*, thèse d'ergonomie, EPHE, Paris.
- Quéinnec Y., Teiger C., Terssac G. de, 1992, *Repères pour négocier le travail posté*, Octarès Éditions, Toulouse (1<sup>re</sup> édition : 1985).
- Quentin L., 1999, *Développement des compétences liées à la gestion du risque électrique en relation avec le stage professionnel chez les élèves de LEP*, mémoire de maîtrise de psychologie, université Paris-VIII, Saint-Denis.
- Rabardel P., 1995, *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*, A. Colin, Paris.
- Rabardel P., 1999, Le langage comme instrument ? Éléments d'une théorie instrumentale élargie, in Y. Clot (Ed.) : *Avec Vygotski*, La dispute, Paris, pp. 241-265.
- Rabardel P., Carlin N., Chesnais M., Lang N., Le Jollif G., Pascal M., 1998, *Ergonomie, concepts et méthodes*, Octarès Éditions, Toulouse.
- Rabardel P., Samurçay R., 1995, Compétences au travail : réflexions pour un cadre théorique constructiviste, *2<sup>nd</sup> Workshop on work Process Knowledge : Theoretical approaches of competences at work*, 19-21 octobre, Courcelle-sur-Yvette.
- Rabardel P., Weill-Fassina A., 1985, Le dessin technique, un instrument graphique de pensée et de communication professionnelle : points de repères, *Le travail humain*, 48, 4, pp. 301-305.
- Rasmussen J., 1984, Strategies for state identification and diagnosis in supervisory control tasks, and design of computer-based support systems, *Advances in man-machine systems research*, 1, pp. 139-193.
- Rasmussen J., 1986, *Information processing and human-machine interaction*, Amsterdam, North Holland.
- Reason J., 1993, *L'erreur humaine*, PUF, Paris (1<sup>re</sup> édition : 1990 ; traduction : J.-M. Hoc).
- Reason J., 1997, *Managing the risk of organizational accidents*, Ashgate, Aldershot.
- Reason J., Parker D., Lawton R., 1998, Organizational controls and safety : The varieties of rule related behavior, *Journal of occupational and organizational psychology*, 71, pp. 289-304.
- Richard J.-F., 1990, *Les activités mentales : comprendre, raisonner, trouver des solutions*, A. Colin, Paris.
- Richard J.-F., 1992, De la psychologie générale à la psychologie cognitive, in R. Ghiglione, J.-F. Richard (Eds.) : *Cours de psychologie, tome 1 : origines et bases*, Dunod, Paris, pp. 159-188.
- Rizzo A., Bagnara S., Visciola M., 1987, Human error detection processes, *International*

*journal of man-machine studies*, 27, pp. 555-570.

- Rizzo A., Ferrente D., Bagnara S., 1994., Handling human error, in J.-M. Hoc, P. C. Caccibue, E. Hollnagel (Eds.) : *Expertise and technology*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, pp. 99-114.
- Rogalski J., 1994, Formation aux activités collectives, *Le travail humain*, 57, 4, pp. 367-386.
- Rogalski J., 1995 a, Application of Piaget's theory in corporate settings : from genetic epistemology to work analysis, *2<sup>nd</sup> Workshop on work process knowledge : Theoretical approaches of competences at work*, 19-21 octobre, Courcelle-sur-Yvette.
- Rogalski J., 1995 b, Former à la coopération dans la gestion de sinistres : élaboration collective d'un dispositif d'actions, *Éducation permanente*, 123, 47-64.
- Rogalski J., 2000 a, Approche de psychologie ergonomique de l'activité de l'enseignant, *Actes du XVI<sup>e</sup> colloque COPIRELEM*, IREM, Limoges, pp. 45-66.
- Rogalski J., 2000 b, Aspects cognitifs, organisationnels et temporels du traitement professionnel du risque (sapeurs-pompiers de la sécurité civile), *Journées d'études Risques professionnels : quelles approches ? quelles perspectives ?*, 5 mai, Grenoble.
- Rogalski J., Plat M., Antolin-Glenn P., à paraître, Acquiring collective competences for coping with scarce or unforeseen work situations : the unavoidable simulation, in N. Boreham, R. Samurçay, M. Fischer (Eds.) : *Work process knowledge in technological and organisational development*.
- Rogalski J., Samurçay R., 1993, Représentation de référence : outil pour le contrôle d'environnement dynamique, in A. Weill-Fassina, P. Rabardel, D. Dubois (Eds.) : *Représentations pour l'action*, Octarès Éditions, Toulouse, pp. 183-207.
- Rogalski J., Samurçay R., 1994, Modélisation d'un savoir de référence et transposition didactique dans la formation de professionnels de haut niveau, in G. Arssac, Y. Chevallard, J.-L. Martinand, A. Tiberghien (Eds.) : *La transposition didactique à l'épreuve*, La pensée sauvage, Grenoble, pp. 35-71.
- Rogalski J., Samurçay R., Amalberti R., 1994, *La coopération et la coordination dans les cockpits automatisés*, rapport final, DGAC/CNRS-université Paris-VIII/CERMA, Saint-Denis.
- Rossi J. P., 1999, *Les méthodes de recherche en psychologie*, Dunod, Paris.
- Rouse W. B., 1979, Problem solving performance of maintenance trainees in fault diagnosis task, *Human factors*, 21, 2, pp. 195-203.
- Rousseau C., 1998, Gestion de la sécurité dans l'enseignement professionnel : étude de cas d'un lycée, *Notes scientifiques et techniques de l'INRS*, 165, INRS, Paris.
- Rousseau C., Monteau M., 1991, La fonction de prévention chez l'opérateur : mise en évidence de conduites sécuritaires au cours d'une activité de chantier, *Notes scientifiques et techniques de l'INRS*, 88, INRS, Paris.

- Saari J., 1995, Risk assessment and risk evaluation and the training of OHS professionals, *Safety science*, 20, 2-3, pp. 183-190.
- Samurçay R. Hoc J.-M., 1996, Causal versus topographical support for diagnosis in dynamic situation, *Le travail humain*, 59, 1, pp. 45-68.
- Samurçay R., 1994, Knowledge developed in/for work situations in dynamic environment management, *1<sup>st</sup> Workshop on work process knowledge*, 15-17 décembre, Manchester .
- Samurçay R., 1995, Conceptual models for training, in J.-M. Hoc, E. Hollangel, C. Cacciabue (Eds.) : *Expertise and technology*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, pp. 107-124.
- Samurçay R., 2000, Training and development of expertise in dynamic environment supervision, *Proceedings of the IEA 2000/HFES 2000 Congress : Cognitive ergonomics, computers, and communications*, Vol.1, CA: HFES, Santa Monica, pp. 169-173.
- Samurçay R., à paraître, Fonctionnement des situations de simulation : conséquences pour la conception des aides à la formation, *Sciences et techniques éducatives, numéro spécial : Simulation et formation professionnelle dans l'industrie*.
- Samurçay R., Pastré P., 1995, La conceptualisation des situations de travail dans la formation des compétences, *Éducation permanente*, 123, pp. 13-31.
- Samurçay R., Pastré P., 1998, L'ergonomie et la didactique. L'émergence d'un nouveau champ de recherche : didactique professionnelle, *Actes des II<sup>e</sup> Journées « recherche et ergonomie » : L'ergonomie et les sciences cognitives. L'ergonomie et les sciences de l'homme. Qu'est-ce que la recherche en ergonomie ?*, SELF-LTC-CNRS-université-Toulouse-le Mirail, 9-11 février, pp. 105-112.
- Samurçay R., Rabardel P., à paraître, Modèles pour l'analyse de l'activité et des compétences : propositions, in P. Pastré, R. Samurçay (Eds.) : *La didactique professionnelle*, Octarès Éditions, Toulouse.
- Samurçay R., Rogalski J., 1993, Repérage et description des compétences professionnelles et de leur dynamique. Éléments conceptuels et méthodologiques, *Reflets, analyses, études, débats*, 6, AFPA, pp. 35-48.
- Samurçay R., Rogalski J., 1998, Exploitation didactique des situations de simulation, *Le travail humain*, 61, 4, pp. 333-359.
- Samurçay R., Vidal-Gomel C., à paraître, Understanding work competencies in order to act on their development: the case of the electrical maintenance, in N. Boreham, R. Samurçay, M. Fischer (Eds.) : *Work process knowledge in technological and organistaional development*.
- Samurçay R., Volkoff S., Savoyant A., 1999, Introduction, *Formation et emploi*, 67, pp. 5-7.

- Savoyant A., 1995, Guidage de l'activité de développement des compétences dans une entreprise d'insertion, *Éducation permanente*, 123, pp. 91-99.
- Savoyant A., 1999, Compétence, performance et activités, *Les cahiers du Club CRIN : Entreprises et compétences. Le sens des évolutions*, Club CRIN : Évolutions du travail face aux mutations technologiques, ECRIN, Paris, pp. 179-191.
- Schraagen J. M. C., 1994, *The generality and specificity of expertise*, thesis, TNO Institute for human factors, Soesterberg, The Netherlands.
- Simard M., 1988, La prise de risque dans le travail, un phénomène organisationnel, in P. Goguelin, X. Cuny (Eds.) : *La prise de risque dans le travail*, Octarès entreprise, Marseille, pp. 73-85.
- Six-Touchard B., 1999, *L'auto-analyse du travail : un outil de prise de conscience des compétences pour la transformation des conditions d'apprentissage*, thèse d'ergonomie, EPHE, Paris.
- Sonnentag S., Schmidt-Braße U., 1998, Expertise at work : research perspective and practical interventions for ensuring excellent performance at the work place, *European journal of work and organizational psychology*, 7, 4, pp. 449-454.
- Teiger C., 1993, Représentations du travail, travail de la représentation, in A. Weill-Fassina, P. Rabardel, D. Dubois (Eds.) : *Représentations pour l'action*, Octarès Éditions, Toulouse, pp. 311-344.
- Teiger C., 1996, The cooperation between trade unionists and ergonomists : the stakes involved in training trade unionists in ergonomic work analysis, *Safety science*, 23, 2-3, pp. 119-124.
- Teiger C., Laville A., 1989, *Expression des travailleurs sur leurs conditions de travail : la formation des délégués aux comités hygiène-sécurité-conditions de travail*, rapport 100, Collection du laboratoire d'ergonomie du CNAM, Paris.
- Teiger C., Laville A., 1991, L'apprentissage de l'analyse ergonomique de travail, outil d'une formation pour l'action, *Travail et emploi*, 1, pp. 53-62.
- Thébaud-Mony A., 1994, Vers une société précaire, *Santé et travail*, 8, pp. 43-49.
- Thébaud-Mony A., Cru D., Frigul N., Clappier P., 1995, *La construction sociale de l'accident du travail chez les jeunes*, Rapport de recherche, Commissions professionnelles consultatives, ministère de l'Éducation nationale.
- Thébaud-Mony A., Frigul N., 1998, Construction du rapport à la sécurité chez les jeunes à l'entrée de la vie active, *CPC Info*, 26, pp. 51-53.
- Tiberghien G., Mendelsohn P., Ans B., George C., 1990, Contraintes structurales et fonctionnelles des systèmes de traitement, in J.-F. Richard, C. Bonnet, R. Ghiglione (Eds.) : *Traité de psychologie cognitive, tome 2 : Le traitement de l'information symbolique*, Dunod, Paris, pp. 1-32.
- Tverski A., Kahneman D., 1988, Judgement under uncertainty : heuristics and biases, in D.

- Kahneman, P. Slovic, A. Tverski (Eds.) : *Judgement under uncertainty*, Cambridge university press, (1<sup>re</sup> édition : 1982), pp. 1-19.
- Tynjälä P., Nuutinen A., Eteläpelto A., Kirjonen J., Remes P., 1997, The acquisition of professional expertise — a challenge for educational research, *Scandinavian journal of educational research*, 41, 3-4, 475-494.
- Valot C., Grau J.-C., Amalberti R., 1993, Les métaconnaissances : des représentations de ses propres compétences, in A. Weill-Fassina, P. Rabardel, D. Dubois (Eds.) : *Représentations pour l'action*, Octarès Éditions, Toulouse, pp. 271-294.
- Valot C., Weill-Fassina A., Guyot S., Amalberti R., 1995, Vers un modèle pour l'analyse ergonomique des grands systèmes, *Actes du XXX<sup>e</sup> Congrès de la SELF : Ergonomie et production industrielle. L'homme dans les nouvelles organisations*, Biarritz, pp. 272-279.
- Van Daele A., 1997, Contribution de la simulation à l'étude de l'activité de l'opérateur en situation dynamique, in P. Béguin, A. Weill-Fassina (Eds.) : *La simulation en ergonomie : connaître, agir et interagir*, Octarès Éditions, Toulouse, pp. 29-37.
- Vandevyver B., 1986, Intervention d'entreprises extérieures. La coactivité est-elle un facteur de risque dominant ?, *Le travail humain*, 49, 3, pp. 225-235.
- Verbeek J. H. A. M., Kroon P. J., 1995, (Eds.), Education and training in occupational health and safety, *Safety science*, 20, 2-3, pp. 157-352.
- Vergnaud G., 1985, Concepts et schèmes dans une théorie opératoire de la représentation, *Psychologie française*, 30, 3-4, pp. 245-251.
- Vergnaud G., 1990, Développement et fonctionnement cognitifs dans le champ conceptuel des structures additives, in G. Netchine-Grynberg (Ed.) : *Développement et fonctionnement cognitif chez l'enfant. Des modèles généraux aux modèles locaux*, PUF, Paris, pp. 261-277.
- Vergnaud G., 1991, La théorie des champs conceptuels, *Recherches en didactique des mathématiques*, 10, 2-3, pp. 133-170.
- Vergnaud G., 1996, Au fond de l'action, la conceptualisation, in J.-M. Barbier (Ed.) : *Savoirs théoriques et savoirs d'action*, PUF, Paris, pp. 275-291.
- Veyrac H., Cellier J.-M., Bertrand A., 1997, Modèle de l'opérateur et modèle du prescripteur. Le cas des consignes de résolution de situations incidentelles pour les conducteurs de trains, *Le travail humain*, 60, 4, pp. 387-407.
- Vial M., 1996, *Electricité professionnelle, tome 1 : protection des personnes et des matériels*, Nathan, Paris.
- Vidal C., Samurçay R., Rabardel P., 1996, *Rapport bibliographique : les modèles opératoires du risque chez les jeunes travailleurs*, contrat INRS/NEB, juin, Saint-Denis.
- Vidal-Gomel C., Samurçay R., 2000, *Spécification de situations didactiques pour é*

*développement des modèles opératoires du risque dans le domaine de la formation à l'habilitation électrique*, rapport final, contrat INRS/NEB, janvier, Saint-Denis.

Vidal-Gomel C., Samurçay R., Rabardel P., 1998, *Modèles opératoires du risque. Analyses post accidents et incidents*, rapport intermédiaire, contrat INRS/université Paris-VIII, août, Saint-Denis.

Villemur A., 1988, *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels*, Eyrolles, Paris.

Vygotski L. S., 1934/1997, *Pensée et langage*, La dispute, Paris (3<sup>e</sup> édition, traduction : L. Sève).

Wagemann L., 1998, Analyse des représentations initiales liées aux interactions homme-automatisme (IHA) en situation de conduite simulée, *Le travail humain*, 61, 2, pp. 129-151.

Wagemann L., Percier M., 1995, *Contribution à l'étude de la formation à la gestion de processus continus : le cas de l'entraînement sur simulateur machine des élèves officiers de la marine marchande. Activité des opérateurs et situations de formation*, Thèse d'ergonomie, EPHE, Paris.

Weill-Fassina A., Rabardel P., Dubois D., 1993, *Représentations pour l'action*, Octarès Éditions, Toulouse.

Wilde G. J. S., 1998, The concept of target risk and its implications for accident prevention strategies, in A. M. Feyer, A. Williamson (Eds.) : *Risk, prevention and intervention*, Taylor & Francis, London, Bristol, pp. 82-105.

Wilde G., 1976, Social interaction pattern in driver behaviour : an introduction review, *Human factors*, 18, 5, pp. 477-492.

Woods D. D., 1988, Coping with complexity : the psychology of human behavior in complex systems, in L. P. Goodstein, H. B. Andersen, S. E. Olsen (Eds) : *Tasks, errors and mental models*, Taylor & Francis, London, pp. 128-148.