



HAL
open science

Le développement des compétences pour la gestion des risques professionnels : le domaine de la maintenance des systèmes électriques

Christine Vidal-Gomel

► **To cite this version:**

Christine Vidal-Gomel. Le développement des compétences pour la gestion des risques professionnels : le domaine de la maintenance des systèmes électriques. domain_stic.soci. Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis, 2001. Français. NNT : . tel-00096953

HAL Id: tel-00096953

<https://theses.hal.science/tel-00096953>

Submitted on 20 Sep 2006

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

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

Référence bibliographique pour citation :

Vidal-Gomel, C. (2001), *Le développement des compétences pour la gestion des risques professionnels. Le domaine de la maintenance des systèmes électriques*, Thèse de psychologie ergonomique, Université Paris-VIII - Saint-Denis, Saint-Denis.

UNIVERSITE PARIS-VIII–SAINT-DENIS
U.F.R. de Psychologie

THESE
DOCTORAT DE PSYCHOLOGIE DES PROCESSUS COGNITIFS
MENTION : PSYCHOLOGIE ERGONOMIQUE

présentée et soutenue publiquement
par
Christine VIDAL-GOMEL
le 28 Juin 2001

**Le développement des compétences pour la gestion des risques
professionnels.**

Le domaine de la maintenance des systèmes électriques.

TOME 1

Directeur de thèse : Pierre RABARDEL

Tutrice : Rénan SAMURÇAY

Jury :

R. AMALBERTI, IMASSA, Rapporteur.

V. DE KEYSER, Université de Liège, Présidente du jury.

M. NEBOIT, INRS, Examineur.

Y. QUÉINNEC, Université Toulouse II, Rapporteur.

P. RABARDEL, Université Paris-VIII, Directeur de thèse.

R. SAMURÇAY, CNRS - Université Paris VIII, Tutrice.

Mes remerciements vont tout d'abord à Pierre Rabardel et à Renan Samurçay pour leur disponibilité, le suivi attentif de ce travail pendant toutes ces années, l'autonomie et la confiance qu'ils m'ont accordées, et pour avoir toujours su trouver des solutions aux différentes difficultés...

Je voudrais également remercier René Amalberti et Yvon Quéinnec, qui ont accepté d'être rapporteurs.

Merci aux membres du laboratoire « Cognition et activité finalisée » pour m'avoir accueillie, et tout particulièrement à l'équipe « Cognition en situation de travail et de formation », à Marion Chesnais et Janine Rogalski pour leurs conseils et pour les nombreuses discussions qui ont contribué à ma réflexion.

Sincères remerciements à M. Jacques Leplat et à Mme Annie Weill-Fassina, qui à différents moments ont bien voulu m'accorder de leur temps.

Je remercie l'INRS, qui a aussi été à l'origine de cette recherche, particulièrement Jean Studer, qui m'a fait confiance, et Christine et Sylvie, qui ont facilité mon travail au sein de l'institution.

Sincères remerciements au service « Équipements et systèmes électriques » de la RATP, qui a collaboré à ce travail, particulièrement à Antoine Martinez pour m'avoir guidée dans l'entreprise, pour son intérêt et pour sa participation tant aux analyses d'accidents qu'à la simulation, à Christian Navarre, qui a largement contribué à l'élaboration de la simulation et à son suivi, à Michel Leconte, qui a également accepté de participer aux simulations.

Plusieurs personnes d'EDF ont permis que des entretiens soient réalisés et m'ont accordé de leur temps.

Merci à tous les opérateurs de maintenance qui ont collaboré activement à ce travail, et sans qui rien n'aurait été possible.

Merci à Christiane, Claire, et Gilles, qui ont corrigé ce texte...

*À mes proches pour leur soutien,
À Gilles pour avoir su garder le sourire...*

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
PARTIE I. DES COMPÉTENCES POUR GÉRER LES RISQUES PROFESSIONNELS	5
CHAPITRE 1. GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS	6
1. La gestion des risques par l'opérateur.....	8
1.1. Différents facteurs qui ont des effets sur la gestion des risques par l'opérateur.....	11
1.1.1. Les effets des politiques de sécurité des entreprises.....	11
1.1.2. Les effets des politiques de l'emploi.....	12
1.1.3. Les effets des conditions de travail.....	12
1.2. Les dimensions des activités de gestion des risques professionnels	13
1.2.1. Les règles de métier	16
1.2.2. L'utilisation des règles de sécurité	17
1.2.2.1. Règles de sécurité et violation.....	17
1.2.2.2. Les différents facteurs qui conduisent à violer les règles de sécurité.....	19
L'acceptabilité	19
L'accessibilité	22
La violation des règles de sécurité, entre déni du danger et mise en scène de ses compétences	22
1.2.2.3. L'utilisation des règles de sécurité ne se résume pas à application versus violation.....	25
1.2.3. Les activités de diagnostic impliquées dans la gestion des risques	27
1.2.4. Les représentations et connaissances impliquées dans la gestion des risques.....	28
2. Les compétences	32
2.1. Intégration de l'activité fonctionnelle principale et de la gestion des risques professionnels.....	33
2.2. Compétences et expérience du risque.....	34
3. Les formations à la gestion des risques professionnels	35

CHAPITRE 2. COMMENT LES COMPETENCES POUR GERER LES RISQUES PROFESSIONNELS SE DEVELOPPENT-ELLES ?	38
1. Le Développement des compétences professionnelles.....	39
1.1. Première approche du développement des compétences	40
1.1.1 La théorie ACT	40
1.1.2. Le rôle de la médiation et des situations pour le développement des compétences professionnelles	43
1.1.3. Les savoirs de référence.....	44
1.1.4. Comment caractériser l'expertise ?.....	45
1.2. Des cadres d'analyse de l'activité pour identifier les compétences	47
1.2.1. La théorie des champs conceptuels.....	47
1.2.2. Compety	50
1.2.2.1. L'axe des situations.....	51
1.2.2.2. L'axe des représentations et des concepts.....	53
1.2.2.3. L'axe des instruments	55
1.2.2.4. L'axe des organisateurs de l'activité	57
1.3. Point de vue sur les règles de sécurité	58
2. Comment l'opérateur gère-t-il les risques ?.....	60
2.1. Le comportement face au danger	61
2.2. Le modèle de la cognition dynamique.....	64
3. Quelles formations pour la gestion des risques professionnels ?	68
3.1. Qui former à la gestion des risques professionnels ?.....	68
3.1.1. Les professionnels de la santé et de la sécurité au travail.....	68
3.1.2. Les représentants du personnels (membres du CHSCT) et les syndicalistes	69
3.1.3. Différents «fonctionnels », concepteurs des situations de travail.....	69
3.1.4. Les opérateurs.....	70
3.2. Quels types de formation à la gestion des risques professionnels ?	73
4. Synthèse.....	75

**PARTIE II. COMPETENCES POUR GERER LES RISQUES
PROFESSIONNELS DANS LE DOMAINE DE LA MAINTENANCE DES
SYSTEMES ELECTRIQUES 77**

CHAPITRE 3. LA MAINTENANCE DES SYSTEMES ELECTRIQUES 78

- 1. Caractéristiques générales des tâches de maintenance..... 79
- 2. Analyse détaillée de la tâche de maintenance des systèmes
électriques 80
 - 2.1. La phase de diagnostic 81
 - 2.2. La phase de mise en sécurité..... 87
 - 2.3. La phase de dépannage 88
 - 2.4. Les contraintes..... 88
- 3. Les compétences requises 89

**CHAPITRE 4. COMPETENCES CRITIQUES POUR LA MAINTENANCE DES
SYSTEMES ELECTRIQUES..... 91**

- 1. Comment identifier les compétences ?..... 92
- 2. Identification des compétences critiques à partir de l'analyse
d'accidents et d'incidents..... 93
 - 2.1. Méthodologie..... 94
 - 2.1.1. Le recueil des données..... 94
 - 2.1.2. L'analyse des événements..... 95
 - 2.1.2.1. Le traitement de la situation particulière..... 96
 - 2.1.2.2. Les dimensions des modèles des opérateurs 97
 - Analyse thématique 97
 - Inférence de concepts sous-jacents..... 101
 - 2.1.2.3. Le fonctionnement des modèles en situation..... 101
 - 2.1.2.2. Les dimensions des modèles des opérateurs 97
 - 2.2. Résultats..... 102
 - 2.2.1. Les points communs des événements analysés 103
 - 2.2.2. Détail et comparaison de deux accidents..... 109
 - 2.2.3. Dimensions des modèles des opérateurs 112
 - 2.2.3.1. Les représentations des situations 112
 - 2.2.3.2. Normalité / anormalité des situations 118
- 3. Hypothèses sur les dimensions des compétences critiques 120

PARTIE III. COMPETENCES CRITIQUES DANS LA MAINTENANCE DES SYSTEMES ELECTRIQUES, EN FONCTION DU CHAMP ET DU DEGRE D'EXPERIENCE 126

CHAPITRE 5. ÉLABORATION D'UNE SITUATION DE SIMULATION 127

- 1. Appréhender le développement des compétences 129
- 2. La simulation..... 132
 - 2.1 Le dispositif technique utilisé..... 133
 - 2.2. La situation simulée 136
 - 2.2.1. La transposition de l'erreur de branchement137
 - 2.2.2. Le scénario138
 - 2.3. Analyse de la tâche de l'opérateur 140
 - 2.3.1. Les actions de mise hors tension.....140
 - 2.3.2. Les informations pertinentes pour réaliser la tâche140
 - 2.3.3. Les règles de sécurité à mettre en œuvre.....141
 - 2.4. Le recueil des données 143
 - 2.5. La complexité de la simulation 143
- 3. Le traitement des protocoles 147
 - 3.1. Les axes d'analyse des résultats et les indicateurs..... 147
 - 3.1.1. Le niveau de développement des compétences des opérateurs.....147
 - 3.1.2. Les stratégies de diagnostic148
 - 3.1.3. Utilisation des règles de sécurité et systèmes d'instruments.....149
 - 3.1.4. Une analyse transversale150
 - 3.2. Les codages 150
 - 3.2.1. Le codage de l'activité des opérateurs.....150
 - 3.2.2. Les interventions des formateurs.....151
 - 3.3. Le découpage des protocoles 154
 - 3.3.1. Le découpage des protocoles en épisodes.....154
 - 3.3.2. Le découpage des protocoles en sous-épisodes.....156
 - 3.4. Exemples d'analyse des résultats 159
 - 3.4.1. Le niveau de développement des compétences pour gérer les risques professionnels159

3.4.2. Les stratégies de diagnostic de mise hors tension.....	160
3.4.2.1. Organisation invariante de la coupure et de la vérification.....	160
3.4.2.2. La caractérisation des stratégies de diagnostic du disjoncteur permettant réellement la mise hors tension.	161
3.4.3. Utilisation des règles de sécurité et systèmes d'instruments.....	163

CHAPITRE 6. LE DEVELOPPEMENT DES COMPETENCES POUR LA GESTION DES RISQUES..... 164

1. Le développement des compétences en fonction du champ et du degré d'expérience	168
2. Les difficultés des opérateurs pour effectuer la mise hors tension	171
2.1. Les problèmes rencontrés par les opérateurs	171
2.2. Des difficultés de diagnostic	173
2.2.1. Les difficultés concernant les hypothèses préalables à l'identification du « bon » disjoncteur	173
2.2.2. Les difficultés d'identification du bon disjoncteur à partir d'anomalies.....	177
2.3. Des problèmes de gestion des risques	182
2.3.1. L'échec d'identification de la présence de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie	182
2.3.2. La prise d'une décision impliquant la gestion simultanée de plusieurs risques	185
2.3.3. Des décisions de mise hors tension inappropriées.....	186
3. Synthèse.....	188

CHAPITRE 7. STRATEGIES DE DIAGNOSTIC DE MISE HORS TENSION 192

1. Des schèmes de coupure et de vérification vers un schème de mise hors tension.....	194
1.1. La mise en évidence des organisations invariantes de l'activité.....	195
1.2. Le schème de mise hors tension.....	199
1.2.1. La coupure	199
1.2.2. La vérification.....	202

1.2.3. Un schème de mise hors tension.....	203
1.3. Le schème de mise hors tension, un schème d'action multi-instrumentée.....	206
1.3.1. La reproduction de séquences d'activité instrumentée identiques de mise hors tension pour un même opérateur	210
1.3.2. La reproduction de séquences d'activité de mise hors tension, identiques pour plusieurs opérateurs	212
1.3.3. Relations entre les schèmes de mise hors tension multi-instrumentée et les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie	214
1.4. Les points de mesure sur le porte-fusibles du panneau de sortie, un élément des schèmes de mise hors tension multi-instrumentée	216
1.4.1. L'organisation de l'activité de contrôle de tension « au plus près du lieu de travail »	217
1.4.2. La vérification d'absence de tension au plus près du lieu de travail : un élément des schèmes d'action multi-instrumentée.....	221
1.5. Schèmes d'action multi-instrumentée, des différences en fonction du champ et du degré d'expérience ?	222
1.6. Schème d'action multi-instrumentée et compétence critique.....	229
1.6. Pour résumer	230
2. Caractérisation des stratégies de diagnostic du « bon » disjoncteur.....	234
2.1. Identification initiale de symptômes.....	237
2.1.1. Le symptôme de panne	238
2.1.2. Le symptôme de l'erreur de branchement.....	241
2.2. La réduction de l'espace de recherche et la recherche dans un sous-système.....	242
2.2.1. Réduction de l'espace de recherche à partir de l'identification d'anomalies	243
2.2.2. Réduction de l'espace de recherche à partir d'appariement avec des connaissances sur la structure	249
2.2.3. Réduction de l'espace de recherche à partir du repérage ou de critères non pertinents	252
2.3. Pour résumer	256
3. Synthèse des résultats sur les stratégies de diagnostic mises en oeuvre	259

CHAPITRE 8. UTILISATION DES REGLES DE SECURITE ET SYSTEMES D'INSTRUMENTS.....	262
1. La règle formelle de réalisation d'un contrôle d'absence de tension « au plus près du lieu de travail »	265
2. La règle formelle d'utilisation du VAT et du multimètre.....	273
3. la règle formelle de condamnation après la coupure d'un disjoncteur.....	280
4. Synthèse.....	285
CHAPITRE 9. SYNTHESE ET DISCUSSION DES RESULTATS DE LA SIMULATION	291
1. Synthèse des résultats.....	293
1.1. Le développement des compétences	293
1. 2. Les stratégies de diagnostic de mise hors tension.....	295
1.2.1. La mise en œuvre d'un schème de mise hors tension multi-instrumentée	295
1.2.2. La caractérisation des stratégies de diagnostic du « bon disjoncteur »	296
1.3. Utilisation des règles de sécurité et système d'instruments	299
2. Discussion.....	304
2.1. Des stratégies de diagnostic qui s'appuient sur une représentation en termes de flux, sous-tendue par des concepts pragmatiques	304
2.2. Des stratégies de diagnostic différentes en fonction du degré d'expérience, mais aussi du champ d'expérience	304
2.3. Constituer un système d'instruments : une dimension des compétences à développer	305
2.4. La « nature » des instruments qui constituent le système.....	307
2.5 Difficultés méthodologiques et limites de la simulation	308

PARTIE IV. DIMENSIONS DES COMPETENCES POUR GERER LES RISQUES PROFESSIONNELS.....	310
1. Synthèse et discussion.....	311
1.1. Le développement des compétences professionnelles	311
1.1.1. L'analyse du développement des compétences professionnelles	312
1.1.1.1. Le modèle Compety	312
1.1.1.2. La variable « champ de l'expérience »	313
1.1.3. Compétences et stratégies de diagnostic	316
1.2. La gestion des risques professionnels	317
1.2.1. Analyser la gestion des risques professionnels	317
1.2.1.1. Analyser les accidents pour identifier les compétences mises en œuvre.....	317
1.2.1.2. Considérer les règles de sécurité du point de vue des systèmes d'instruments.....	318
1.2.2. Les modèles opératoires du risque.....	321
1.3. Quelles formations à la gestion des risques professionnels ?	322
1.3.1. Contenus des formations	323
1.3.2. Types de situations de formation.....	324
1.3.3. Contribution des entreprises à la formation des opérateurs entrants.....	325
2. Pour conclure, des questions restent ouvertes.....	326
2.1. Des dimensions des compétences impliquées dans la gestion des risques professionnels restent à explorer	326
2.1.1. Activités collectives et compétences	326
2.1.2. Compétences et confiance.....	327
2.2. Conception des artefacts impliqués dans la gestion des risques professionnels	328
2.3. Élargir l'approche de la formation initiale	329
2.4. La gestion des risques dans les situations didactiques	329
 BIBLIOGRAPHIE	 331
 INDEX DES SCHEMAS ET DES TABLEAUX	 347

INTRODUCTION

Les années 1974 à 1994 semblent marquées par une diminution de la mortalité au travail (accidents du travail, de trajet et maladies professionnelles) et par une diminution des accidents du travail avec arrêt (Monteau, 1998). Mais ce constat masque des disparités importantes. Notamment, la diminution des accidents avec arrêt constatée pour l'ensemble de la population semble avoir moins bénéficiée au personnel ouvrier — diminution de 8,7 % pour le personnel ouvrier et de 36 % pour le personnel non ouvrier (*op. cit.*, p. 4). Cette population reste suraccidentée. Au sein de cette même catégorie de personnel et pour cette même période, on observe que la tranche d'âge des moins de 20 ans à 29 ans est suraccidentée — par exemple, les 20-29 ans représentent 25,3 % des salariés et 34,9 % des accidents du travail avec arrêt (*op. cit.*, p. 5), comparativement à celle des 30 à 60 ans et plus.

Plusieurs facteurs explicatifs peuvent être invoqués comme la précarité de l'emploi. Très répandue pour jeunes professionnels¹, elle se traduit notamment par la suraccidentabilité (François, Liévin, 1994 ; Thébaud-Mony *et al.*, 1995 ; Doniol-Schaw *et al.*, 1995). Mais il s'agit aussi du développement des compétences de ces opérateurs. Ainsi, si la tranche d'âge des 30-60 ans a moins d'accidents du travail c'est aussi parce que ces opérateurs sont plus qualifiés, « dans la mesure où la qualification est largement corrélée avec l'ancienneté dans le métier, donc avec l'âge », comme le remarque Monteau (*op. cit.*, p. 4).

Dans ce contexte, la formation des opérateurs à la prévention des risques professionnels peut constituer l'une des orientations d'une politique de prévention des accidents du travail. Mais dans de nombreux cas, ces formations sont davantage orientées par la « certification » des opérateurs que par le développement des compétences pour gérer les risques. Si la nécessité de disposer de compétences pour gérer les risques semble alors implicitement reconnue, ces formations semblent guidées par la vision d'un opérateur qui n'assure la sécurité qu'en appliquant des règles formelles. Enfin, les formations techniques du métier sont souvent effectuées indépendamment des aspects relevant de la gestion des risques, alors que ces deux dimensions sont intégrées à l'activité de travail en situation (De la Garza, 1995 ; Gaudart, Weill-Fassina, 1999, par exemple). Ces formations semblent alors insuffisantes pour supporter le développement de compétences opérationnelles pour gérer les risques professionnels.

Identifier plus précisément ces compétences apparaît comme un préalable à l'élaboration de formations qui favoriseraient mieux leur développement. Or si de nombreuses recherches ont montré que les opérateurs gèrent des risques — pour eux-mêmes ou leurs coéquipiers, pour l'environnement, pour le public ... —, peu de travaux se sont intéressés aux compétences mises en œuvre pour cette gestion. Cette thèse en constitue une première approche.

¹ Par exemple, les jeunes professionnels entre 20 et 24 ans sont 8 fois plus souvent en CDD ou en intérim que les actifs de plus de 30 ans et 3 fois plus présents sur des postes d'ouvriers non qualifiés (Enquête emploi de 1995 publiée par l'INSEE).

Plusieurs questions orientent notre travail :

- Quelles sont les compétences mises en œuvre pour gérer les risques professionnels ?
- Comment se développent-elles ? Quels sont les facteurs qui ont des effets sur ce développement ?
- Quelles sont les caractéristiques des situations de formation qui pourraient le favoriser ?

Ce texte est organisé en quatre parties.

• La première partie, intitulée «des compétences pour gérer les risques professionnels », est une partie théorique composée de deux chapitres.

Le chapitre 1 aborde, d'une part, la gestion des risques professionnels par les opérateurs, plus particulièrement les différents facteurs qui influent sur cette gestion et les dimensions de cette activité, notamment, l'utilisation des règles de sécurité. D'autre part, nous précisons ce que nous entendons par «compétences pour gérer des risques professionnels ». Enfin, nous présentons des caractéristiques des situations de formation, dont l'objectif est le développement de ces compétences, qui sont actuellement proposées aux opérateurs.

Dans le chapitre 2, deux types de cadres théoriques permettant d'appréhender le développement des compétences pour gérer les risques professionnels sont présentés et analysés. Il s'agit d'abord de cadres s'intéressant au développement des compétences. Nous retenons le cadre d'analyse « Compety », qui permet de faire des inférences sur les différentes dimensions des compétences, leurs articulations et leur développement, à partir de l'analyse de l'activité en situation (Rabardel, Samurçay, 1995). Il s'agit ensuite de modélisations des activités de gestion des risques par les opérateurs. Fondé, notamment, sur les différents niveaux de traitement de Rasmussen (1986), le modèle de contrôle du danger (Hale, Glendon, 1987) peut être utilisé pour identifier différentes phases de traitement des risques externes. L'intérêt du modèle d'Amalberti (1996) est de souligner que l'opérateur ne gère pas uniquement des risques externes, mais également internes. La dernière partie de ce chapitre concerne les formations à la gestion des risques professionnels. Nous soulignons plus particulièrement les apports de l'ergonomie de tradition francophone et de la didactique professionnelle pour nos questions.

• La deuxième partie constitue une première approche des compétences pour gérer les risques professionnels dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques. Elle est composée de deux chapitres. D'une part, nous analysons la tâche de maintenance des systèmes électriques au regard de la littérature (chapitre 3). D'autre part, des accidents et incidents sont analysés (chapitre 4). Sur cette base, une tâche critique pour la gestion des risques dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques est identifiée. Plusieurs caractéristiques de situations accidentogènes, pour des opérateurs novices comme

expérimentés, sont relevées. Des hypothèses sur les différentes dimensions des compétences mobilisées pour gérer les risques lors de la réalisation de la tâche critique sont élaborées.

- La troisième partie — « compétences critiques dans la maintenance des systèmes électriques, en fonction du champ et du degré d'expérience » — est composée de cinq chapitres.

Le chapitre 5 est un chapitre méthodologique. Nous présentons, notamment, l'élaboration d'une simulation dont l'objectif est de tester nos hypothèses sur les différentes dimensions des compétences et sur leur développement. Les chapitres 6, 7 et 8 présentent différents axes d'analyse des résultats en prenant en compte deux variables : le champ et le degré d'expérience. Le champ de l'expérience se réfère au domaine d'activités dans lequel les opérateurs, d'un même métier, ont acquis leur expérience (électromécanique ou électricité). Le degré de l'expérience renvoie ici à la comparaison entre des opérateurs plus ou moins expérimentés dans le métier. Le chapitre 9 présente une synthèse de nos résultats concernant le développement des compétences, les stratégies de diagnostic, l'utilisation des règles de sécurité et les systèmes d'instruments des opérateurs.

- La quatrième partie conclue cette thèse. Nous décrivons les apports de ce travail et les questions de recherches qui restent en suspens.

PARTIE I

DES COMPETENCES POUR GERER LES RISQUES PROFESSIONNELS

Cette première partie est composée de deux chapitres :

- Chapitre 1 : La gestion des risques professionnels. La question du développement des compétences et de la formation.

- Chapitre 2 : Comment les compétences pour gérer les risques professionnels se développent-elles ?

Dans le chapitre 1, nous présenterons au préalable la demande qui est à l'origine de ce travail et son contexte, les différents travaux qui nous permettent d'aborder les compétences impliquées dans la gestion des risques professionnels, puis les différents points que nous chercherons à éclairer dans ce travail.

Nous aborderons au chapitre 2 les différents modèles qui peuvent contribuer à l'analyse de ces compétences et de leur développement.

CHAPITRE 1

GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS LA QUESTION DU DEVELOPPEMENT DES COMPETENCES ET DE LA FORMATION

Nous précisons ici le contexte de notre étude et son objet : identifier les compétences mobilisées par les opérateurs pour gérer les risques professionnels, leur mode de développement et les situations de formation qui pourraient contribuer à la genèse de ces compétences.

Ce travail se situe à l'articulation de deux champs de recherche : celui de la gestion des risques professionnels, et celui des compétences et de leur développement. À l'issue de l'analyse de cette littérature, plusieurs questions à explorer sont relevées et le domaine d'activités auquel nous nous intéresserons est précisé : la maintenance des systèmes électriques.

Ce travail a pour origine une demande sociale. Elle est, d'une part, relative à l'accord-cadre passé entre l'Éducation nationale et la caisse nationale d'assurance maladie des travailleurs salariés, signé en 1993 et renouvelé en 1997. Cet accord s'appuie sur des données statistiques — une étude de 1992 du ministère du travail constate que les moins de 25 ans totalisent 25 % des accidents du travail alors qu'ils ne représentent que 12 % des salariés — et sur le rapport Ceccaldi (1990), qui note des insuffisances de l'enseignement professionnel à la prévention des risques. Cet accord souligne la nécessité de l'évolution de l'enseignement à la prévention des risques professionnels et il fixe comme objectif de faire de «la maîtrise des risques une composante de la qualification professionnelle ». Dans ce contexte, l'INRS, partenaire pour la mise en œuvre de l'accord-cadre, a été à l'origine de plusieurs études (Lang, 2000 ; Frigul, Thébaud-Mony, 1998 ; Bromberg, Chabrol, 1997). La demande porte ici sur la caractérisation des compétences pour gérer les risques professionnels, leur développement et les situations de formation qui pourraient le favoriser.

D'autre part, notre travail est mené en collaboration avec la RATP, et plus particulièrement avec la cellule de soutien hygiène et sécurité du service de maintenance des systèmes électriques, qui souhaitait améliorer la formation à la prévention des risques professionnels qu'elle dispense aux opérateurs.

Plusieurs types de facteurs ont des effets sur la gestion des risques professionnels par l'opérateur : politiques de sécurité des entreprises, politiques d'emploi, conditions de travail. Nous reviendrons sur ces points. Le problème traité ici concerne, à la fois, les politiques de prévention des risques professionnels dans les entreprises, dont la formation peut être un axe, le développement des compétences et la gestion des risques professionnels par les opérateurs.

Les travaux portant sur la gestion des risques professionnels se sont peu intéressés aux compétences mobilisées pour cette gestion et à leur développement. Inversement, les recherches sur les compétences professionnelles ont peu abordé celles qui sont impliquées dans la gestion des risques. Plusieurs questions de recherche seront explorées : quelles sont les dimensions des compétences mobilisées pour gérer les risques professionnels ? comment se développent-elles ? quelles sont les caractéristiques des situations qui favoriseraient leur développement ?

Notre travail se situe à l'articulation de deux champs de recherche : celui de la gestion des risques et celui des compétences professionnelles et de leur développement.

1. LA GESTION DES RISQUES PAR L'OPÉRATEUR

Une première approche des compétences impliquées dans la gestion des risques professionnels consiste à préciser dans quel cadre on s'intéresse au risque et à définir ce que l'on entend par « risque ».

Plusieurs définitions de la notion de « risque » sont couramment admises dans la littérature. Reprenant Velk et Stallen (1981), Brehmer (1987, p. 27) en dénombre six :

- « — Le risque est la probabilité d'une perte ;
- le risque est la mesure d'une perte possible ;
- le risque est une fonction, principalement de la production de probabilité et de la mesure d'une perte ;
- le risque est égal à la variation d'une distribution de probabilités de toutes les conséquences possibles d'un déroulement risqué de l'action ;
- le risque est une semi-variation de la distribution de toutes les conséquences, relevant uniquement des conséquences négatives, concernant les valeurs de référence adoptées ;
- le risque est une combinaison linéaire, chargée d'un poids, de la variation et de la valeur attendue de la distribution de toutes les conséquences possibles. »

Ces définitions sont décontextualisées, elles ne se réfèrent au risque qu'en termes abstraits, transversaux à toutes les situations (Brehmer, *op. cit.* ; Chesnais, 1990). Or la façon dont le risque est évalué par les opérateurs dépend du contexte dans lequel cette évaluation prend place (Brehmer, *op. cit.*).

Les définitions du risque proposées par Hale et Glendon (1987), Leplat (1995) ou Rabardel *et al.* (1998) ont l'avantage de contextualiser le risque pour une situation précise et de le différencier du danger, notion avec laquelle il est souvent confondu.

Nous retenons que le danger est un événement ou une situation susceptible d'entraîner des dommages pour un ou des opérateurs, ou pour l'environnement (Leplat, *op. cit.*). Cet événement ou cette situation ne sont pas provoqués de façon intentionnelle (Hale, Glendon, *op. cit.*). Le danger est présent dans une situation « indépendamment de nous », que l'on en soit conscient ou non (Goguelin, 1988).

« Le risque dépend de la probabilité de production de l'événement non réalisé et envisageable » (Rabardel *et al.*, 1998, p. 51). Il est ainsi toujours un « risque de ... », pour reprendre une expression de Leplat (*op. cit.*). Le risque est aussi « la probabilité qu'un danger s'actualise (c'est-à-dire entraîne effectivement des dommages) dans des conditions déterminées » (Leplat, *op. cit.*, p. 10).

Le risque qui nous intéresse ici est le risque d'accident du travail. Toutefois, nous n'incluons pas les accidents de trajet bien qu'ils fassent partie des accidents du travail. Ils relèvent pour partie du domaine routier et nécessitent d'analyser des compétences de différentes natures,

comme les compétences mobilisées pour la conduite automobile, ce qui constitue un champ de recherche en soi.

D'après Leplat (*op. cit.*) ou Hale et Glendon (*op. cit.*), pour aborder le risque, il convient de distinguer la probabilité qu'un événement non désiré se produise et la probabilité que cet événement conduise à un accident.

- La probabilité qu'un événement non désiré se produise peut être évaluée qualitativement ou quantitativement. L'évaluation qualitative renvoie au risque subjectif : le risque tel que l'opérateur se le représente en fonction de ses connaissances, de ses savoir-faire, autrement dit en fonction de ses compétences. Cette probabilité peut également être évaluée quantitativement. Elle permet alors de définir le risque objectif, qui sert de référence à l'observateur pour identifier les comportements de prise de risque d'un sujet (Monteau, 1988). On considère en général que la prise de risque implique que l'opérateur ait conscience du risque qu'il encourt (Goguelin, 1988). En nous intéressant aux compétences pour gérer les risques professionnels, nous privilégierons le risque subjectif.

- La probabilité qu'un événement conduise à un accident permet de rendre compte des activités de gestion des risques par l'opérateur. Ces activités seront plus ou moins efficaces en fonction notamment des compétences qu'il sera en mesure de mobiliser. Le risque encouru dans une situation de travail n'est alors pas le même pour tous les opérateurs en fonction de leurs compétences.

Nous avons précisé que nous nous intéressons au risque « d'accident du travail ». L'accident est ici entendu comme un événement non désiré dont une des conséquences est l'atteinte à l'intégrité de l'opérateur (Leplat, Cuny, 1977). Il se différencie de l'incident par ses conséquences. L'incident est un événement non souhaité, qui constitue une déviation par rapport au fonctionnement normal d'un système de travail. Il peut affecter le matériel, la production, mais n'a pas de conséquences pour l'intégrité humaine. Les incidents sont en rapport avec les accidents du travail : ils concourent à la constitution de situations accidentogènes (Monteau, 1988).

Les accidents, en tant qu'atteinte à l'intégrité de l'individu, posent la question de la santé au travail. La définition la plus courante de la santé est sans doute celle de l'OMS (1946) : « État complet de bien-être physique, mental et social qui ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité. » L'intérêt de cette définition est de ne pas circonscrire la santé à l'absence de maladie ou d'infirmité. Toutefois, elle ne prend pas en compte la construction de la santé en relation avec le milieu, l'environnement ou en relation avec les conditions de travail. Nous retiendrons donc la définition proposée par Rabardel *et al.* (1998, p. 49) : « La santé se construit de façon dynamique en interaction avec l'environnement. Elle est un équilibre

dynamique entre le bien-être physique, psychique et social, tout au long de la vie. L'individu est acteur de la construction dynamique de sa propre santé. »

La question des compétences pour gérer les risques professionnels relève donc du domaine de la santé au travail. En effet, par « gestion des risques professionnels », nous entendons l'identification, l'anticipation et le traitement des situations à risque. Il s'agit d'activités qui permettent d'éviter la production d'un accident pouvant atteindre l'opérateur lui-même ou d'autres opérateurs dans un système de travail — lequel détermine un environnement, des situations, des moyens qui sont à la fois des ressources et des contraintes pour l'opérateur.

Nous ne prenons pas ici en compte les risques pour la population, l'environnement ou les biens matériels, qui sont, par exemple, déterminants pour les opérateurs de la sécurité civile (Rogalski, 2000 b)². De plus, les conséquences du travail pour la santé peuvent se révéler à long terme. C'est par exemple le cas pour des opérateurs exposés aux poussières d'amiante. Il s'agit alors davantage de maladies professionnelles. Nous considérons ici les activités de gestion des risques professionnels qui participent à la prévention des accidents du travail, au sens que lui donne le législateur. Il s'agit alors du risque pour l'opérateur lui-même ou pour d'autres opérateurs. Ce sont les compétences dont disposent les sujets pour réaliser ces activités que nous nommons « compétences pour gérer les risques professionnels ». Si les opérateurs disposent de compétences pour gérer les risques professionnels, nous considérons que l'accident du travail est multicausal, étant donné la multiplicité des interactions entre les différents composants d'une situation et l'opérateur (Cuny, Kravsky, 1970 ; Monteau *et al.*, 1974, 1978) et les opérateurs ne peuvent pas être jugés comme seuls responsables d'un accident (De Keyser, 1989). Dans cette perspective, les compétences sont considérées comme une ressource pour produire un comportement, une performance, et la notion de « compétence » ne peut pas être opposée à celle d'« incompétence » (Rabardel *et al.*, 1998).

Plusieurs types de travaux ont mis en évidence des facteurs qui ont des effets sur la gestion des risques par l'opérateur : les politiques de sécurité des entreprises (Simard, 1988 ; Étienne, 1994, 1995 ; Favaro, 1995), les conditions d'emploi (François, Liévin, 1994 ; Thébaud-Mony, 1994 ; Thébaud-Mony *et al.*, 1995 ; Doniol-Schaw *et al.*, 1995), les conditions de travail (Thébaud-Mony, 1994 ; Thébaud-Mony *et al.*, 1995 ; Dessors, 1994). Mais, dans l'ensemble, ces travaux n'abordent pas les activités de gestion des risques au quotidien et les compétences mobilisées dans cet objectif. Dans la lignée de travaux de Faverge (1967), l'opérateur est vu comme un régulateur du système de travail, et des dimensions de ses activités de gestion des risques sont relevées, bien que les compétences mobilisées restent peu explorées.

² D'après Rogalski (2000), la gestion du risque pour l'environnement, la population ou les biens matériels est en interaction avec la gestion du risque pour soi dans ces professions.

Nous détaillerons ci-après ces différents points.

1.1. DIFFÉRENTS FACTEURS QUI ONT DES EFFETS SUR LA GESTION DES RISQUES PAR L'OPÉRATEUR

1.1.1. Les effets des politiques de sécurité des entreprises

Dans une étude sur la sécurité au travail, réalisée à partir de l'analyse des réponses à un questionnaire envoyé à 125 entreprises québécoises, Simard (1988) relève qu'en quelques années certaines entreprises ont diminué la fréquence des accidents du travail dans une proportion de 60 à 80 %, sans modification significative de la main-d'œuvre. Ces entreprises présentent des caractéristiques communes : les structures chargées de la santé et de la sécurité sont investies d'un statut élevé et d'un pouvoir d'intervention au sein de l'entreprise, la prévention adopte une forme participative qui inclut les cadres, les salariés et leurs représentants.

Favaro (1995) note également que la participation de tous les niveaux hiérarchiques à la mise en œuvre d'une politique de prévention a des effets positifs sur le taux de fréquence et de gravité des accidents.

Mais la mise en œuvre d'une politique de prévention participative ne va pas de soi. Étienne (1995) relève plusieurs types de difficultés rencontrées par les représentants du personnel lorsqu'ils souhaitent participer à de tels projets. Par exemple, certaines entreprises tendent à exclure des instances d'analyse et de décision portant sur les risques professionnels ; différents acteurs de la conception ou de la transformation des situations de travail, dont les représentants du personnel eux-mêmes, sont insuffisamment formés. De ce fait, l'approche même des situations de travail, les actions de prévention qui en résultent peuvent s'avérer peu pertinentes (Étienne, 1994).

Les politiques participatives ne sont toutefois pas suffisantes en soi : un recueil d'informations sur la sécurité reste nécessaire pour établir un diagnostic en toute connaissance de cause et décider des actions de prévention à entreprendre (Favaro, 1995).

Dans un tel contexte, les accidents du travail sont souvent utilisés comme indicateurs de la prise de risque ou des erreurs de l'opérateur (De Keyser, 1989). L'homme est considéré comme le point faible de la fiabilité des systèmes de travail. Pour y remédier, l'augmentation de la prescription et de l'automatisation sont en général les solutions adoptées (Amalberti, 1996). Ce type d'approche laisse alors échapper la gestion des risques au quotidien par les opérateurs et les compétences qu'elle requiert.

1.1.2. Les effets des politiques de l'emploi

Certains contrats de travail attribuent aux opérateurs un statut plus ou moins précaire. La précarité du « statut contractuel est définie par rapport à l'emploi type à durée illimitée, à temps complet avec un employeur unique. Tout emploi qui déroge à la règle est considéré comme un emploi précaire » (Doniol-Schaw *et al.*, 1995, p. 179).

La nature du contrat de travail a des effets sur l'accidentabilité : les salariés dont le statut est précaire sont suraccidentés par rapport à l'ensemble de la population salariée, et les accidents sont plus graves (Thébaud-Mony, 1994 ; Thébaud-Mony *et al.*, 1995 ; François, Liévin, 1986, 1994).

Plusieurs facteurs explicatifs peuvent être invoqués. D'une part, ces salariés disposent en général d'une marge de manœuvre restreinte pour s'exprimer, faire reconnaître leurs droits, notamment le droit de se retirer d'une situation jugée dangereuse³ (Thébaud-Mony, 1994, Thébaud-Mony *et al.*, 1995). D'autre part, la précarité du contrat de travail a des effets sur la stabilité du statut d'un opérateur au sein d'un groupe, et de ce fait sur la reconnaissance de ses compétences au sein de ce groupe. Cela conduit à des négociations différentes de sa prise de risque. Plus le statut est faible, plus l'opérateur est amené à accepter un niveau de risque élevé, et inversement (Bromberg, Chabrol, 1997). Enfin, le travail précaire ne laisse que trop peu de temps pour élaborer des indicateurs permettant d'identifier, d'anticiper et d'éviter des situations accidentogènes (Thébaud-Mony *et al.*, 1995 ; Doniol-Schaw *et al.*, 1995). Autrement dit, ces opérateurs ne disposent pas d'un temps suffisant pour élaborer les compétences nécessaires à la gestion des risques professionnels. La nature de ces compétences et leur mode de développement par le sujet restent toutefois peu abordés par ces travaux.

1.1.3. Les effets des conditions de travail

La pénibilité, et différentes contraintes, comme l'intensification du travail, sont des facteurs qui peuvent contribuer à la production d'un accident.

Par exemple, Dessors (1994) analyse les effets de la logique des flux tendus dans le domaine du transport routier. Les politiques de flux tendus conduisent à faire disparaître les stocks « tampons » des entreprises. Ainsi, elles ont besoin que leur soient livrées en temps et en heure les pièces, les matières premières... Les chauffeurs routiers sont alors amenés à « se tenir à la limite des risques » pour livrer à temps malgré les aléas : intempéries, encombrements, pannes... Cette analyse montre comment une décision de gestion, des stocks en l'occurrence, peut accroître les contraintes de l'opérateur et participer à la genèse de situations accidentogènes. De la même façon, l'intensification du travail génère une contradiction entre pression temporelle et nécessité de bénéficier d'une marge de manœuvre suffisante pour gérer les risques (Thébaud-Mony *et al.*, 1995) : mettre en place un dispositif, porter son attention sur la précision des gestes... D'autres caractéristiques des situations de travail sont identifiées

³ Article L. 231-8 du Code du travail.

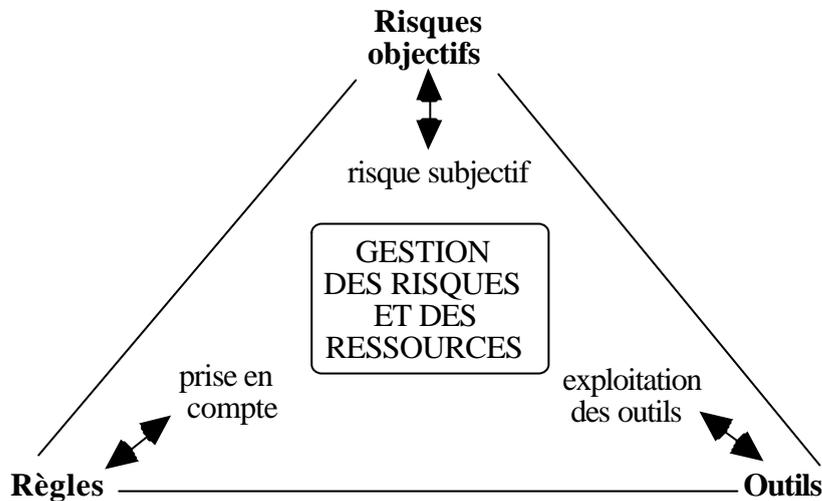
comme accidentogènes : le travail isolé (Kravsky *et al.*, 1985 ; Liévin *et al.*, 1990), le travail posté (Quéinnec *et al.*, 1992), les situations de coactivité, la présence d'opérateurs d'entreprises extérieures (Vandevyver, 1986). Ce type d'approche peut être complété en analysant comment les opérateurs gèrent ces différentes contraintes, les risques professionnels, et quelles sont les compétences qu'ils mobilisent.

Dans l'ensemble, ces différents travaux, abordant les effets des politiques de sécurité, d'emploi ou des conditions de travail, mettent en évidence des contraintes de différentes natures auxquelles les opérateurs ont à faire face, qui influent sur la gestion des risques. Mais la question des compétences nécessaires à cette gestion, leur nature, leur développement, reste peu abordée. De plus, ces travaux ne prennent en compte que des facteurs externes à l'opérateur. Or il gère à la fois des risques internes et externes (Amalberti, 1996).

1.2. LES DIMENSIONS DES ACTIVITÉS DE GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS

L'ergonomie de tradition francophone a souligné très tôt le rôle positif des opérateurs pour la fiabilité des systèmes de travail. Dès 1967, Faverge montrait qu'ils régulent ces systèmes. Les activités de régulation sont caractérisées comme relevant de la gestion des risques et des ressources (schéma 1, page suivante), internes et externes. Le risque est en effet externe à l'opérateur, en tant qu'actualisation d'un danger présent dans une situation, mais également interne : risque d'erreur, risque d'épuiser ses propres ressources (Amalberti, 1996). Il en est de même pour les ressources : elles sont celles qui lui sont fournies par l'entreprise comme les règles de sécurité, les outils — artefacts dans les termes de Rabardel, (1995) —, mais il s'agit aussi des propres ressources de l'opérateur, dont les compétences qu'il a élaborées.

Schéma 1 : L'opérateur, régulateur des contraintes du système



D'après Valot et al. (1995)

Si la régulation du système fait partie des missions des opérateurs, ses conditions, limites, modalités restent souvent tacites et s'appuient sur les compétences qu'ils ont élaborées (Valot et al., *op. cit.*).

La régulation relève de trois fonctions de l'opérateur dans les systèmes de travail (Faverge, 1967, p. 79-80 ; 1980, p. 203) :

- La fonction de production.

Faverge (*op. cit.*) définissait la fonction de production comme le fait de « maintenir l'alimentation continue du processus de fabrication de façon satisfaisante pour concourir à l'équilibre général ». Cette définition correspond plus particulièrement à un opérateur qui conduit un processus. La fonction de production peut être vue comme la tâche ou la mission principale confiée à un opérateur dans un système de travail : produire un service, assurer la maintenance d'un équipement...

- La fonction de prévention.

Il s'agit d' « éviter la production de pannes, de dérèglements ou incidents divers, mettant en danger la production générale ; l'opérateur est un artisan de la fiabilité des systèmes par ses actions et en particulier par la redondance qu'il est à même d'introduire au moment opportun ».

- La fonction de récupération.

« Récupérer, c'est œuvrer pour remettre à la valeur qu'elle doit avoir une variable qui s'en écarte, pour rétablir sur les rails un processus qui tendrait à dérailler, pour faire disparaître des dysfonctionnements, des perturbations, pour remettre en marche après une panne ou un incident ».

La fonction de prévention est redéfinie par Rousseau et Monteau (1991, p. 11) :

« On définit la fonction de prévention comme un mécanisme particulier d'adaptation visant à assurer sa protection contre d'éventuelles atteintes physiques ».

Dans ces termes, la fonction de prévention est intégrée au modèle de Fuller (1984) portant sur la conduite automobile. Il considère que le sujet cherche à éviter les situations accidentogènes. L'expérience du risque subjectif est déterminante, et le sujet met en œuvre des activités d'anticipation des dangers futurs, fait des ajustements (Fuller, *op. cit.*).

Les compétences pour la gestion des risques professionnels relèvent des fonctions de prévention et de récupération des opérateurs dans les systèmes de travail. Nous retiendrons qu'elles nécessitent une expérience du risque, que nous entendons comme la confrontation à des situations présentant des risques d'accidents.

Quelles sont les caractéristiques des activités des opérateurs qui permettent d'assurer la fonction de prévention ?

Deux aspects seront abordés :

- D'une part, les moyens mis à disposition des opérateurs pour gérer les risques (les règles et les outils). Nous mettrons plutôt l'accent sur les règles. Plusieurs types de règles peuvent être impliquées dans la gestion des risques : règles de métier, règles de sécurité. De plus, moyen privilégié par le législateur pour « assurer » la sécurité de l'opérateur, les règles de sécurité portent aussi sur les outils à mettre en œuvre, et sur la façon dont ils doivent être utilisés. Par exemple, dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques, une règle de sécurité prescrit qu'une vérification d'absence de tension doit être effectuée avec un outil de vérification (VAT⁴) et pas un outil de mesure (multimètre), sur tous les conducteurs actifs, y compris le neutre.

- D'autre part, nous aborderons les activités de diagnostic en nous intéressant à celles qui sont impliquées dans la gestion des risques, puis les représentations pour l'action et différents types de connaissances impliquées dans la gestion des risques professionnels.

⁴ Vérificateur d'absence de tension. Par la suite, nous conserverons le sigle VAT pour désigner cet outil.

1.2.1. Les règles de métier

Nous abordons la notion de « règles de métier » à partir des travaux de Cru (1995), qui les différencie des règlements des corporations, des règlements d'entreprise, des statuts des syndicats. Nous en retenons l'aspect suivant : les règles de métier « sont contraignantes en définissant ce que l'on attend de chacun dans le social tout en lui garantissant le maximum de marge de manoeuvre de liberté, pour pouvoir s'engager à sa manière » (p. 61). Il s'agit de règles non écrites, élaborées par les opérateurs, ce qui les différencie des règles de sécurité. Mais contrairement aux règles non écrites, telles que définies par de Terssac (1992), elles « préexistent aux actions des exécutants » (*op. cit.*). Elles sont inscrites dans l'histoire du métier.

D'après Cru (*op. cit.*), les règles de métier ont un sens très spécifique pour la psychopathologie du travail. De ce fait, il les différencie des « règles de l'art » qui concernent la qualité de l'ouvrage fini et ainsi constituent un engagement vis-à-vis du maître d'ouvrage. Dans ce travail, nous considérons que les règles de métier sont indissociables des règles de l'art. Par exemple, dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques, elles définissent « ce qui doit être fait » par l'opérateur pour des électriciens qui interviendront ultérieurement sur le dispositif technique. Elles ont un caractère social, tel que le précise Cru, mais elles sont aussi liées à la qualité du travail, au travail bien fait. Un branchement « bien fait » peut être nécessaire au bon fonctionnement d'un réseau électrique, mais aussi et surtout il est nécessaire à un électricien qui devra intervenir par la suite sur ce réseau.

Les règles de métier peuvent être vues comme faisant partie du « genre professionnel », que l'on peut définir avec Clot et Faï ta (2000, p. 12-13) comme des « manières de prendre les choses et les gens dans un milieu donné », qui « forment un répertoire des actes convenus ou déplacés que l'histoire de ce milieu a retenu. » Nous ne retiendrons pas ici le concept de genre, qui englobe certaines dimensions des compétences que les opérateurs élaborent, comme les concepts pragmatiques, et que nous cherchons ici à préciser pour la gestion des risques professionnels. Il nous semble toutefois que cette notion permet de préciser ce que sont les règles de métier. Nous en retenons les points suivants : comme les genres, les règles de métier ne sont pas fixées une fois pour toutes, elles évoluent. Elles sont aussi un moyen de se faire reconnaître dans la collectivité de métier⁵ comme un « bon professionnel ».

Pour résumer, nous nous intéressons ici aux règles de métier dans la mesure où elles sont

⁵ Bourdon et Weill-Fassina (1994, p. 274) utilisent le terme de « collectif de travail » : « Ensemble d'opérateurs partageant dans le cadre de leur service, de leur atelier ou de leur équipe, un objectif commun, principal [...] défini par leur fonction effective habituelle dans le poste. » Nous réserverons le terme de « collectif » pour nous référer aux activités collectives de travail, définies par Rogalski (1994) par exemple. Nous préférons le terme de « collectivité de travail », en rajoutant à la définition de Bourdon et Weill-Fassina qu'il peut s'agir d'opérateurs n'exerçant pas le même métier. Par opposition, « collectivité de métier » est employé pour souligner que des opérateurs exercent le même métier.

impliquées dans la gestion des risques professionnels. Elles se différencient des règles de sécurité parce qu'elles ne sont pas des règles écrites et qu'elles sont élaborées par les opérateurs au cours de l'histoire du métier. Elles peuvent constituer une dimension des connaissances qui permettent de gérer les risques professionnels, mais elles n'ont pas uniquement un statut de connaissance. Elles marquent aussi l'appartenance à une collectivité de métier, elles permettent de se faire reconnaître comme un « bon professionnel ».

1.2.2. L'utilisation des règles de sécurité

Les règles de sécurité sont des principes opératifs permettant d'atteindre un objectif de sécurité, c'est-à-dire qu'elles sont conçues pour permettre d'éviter la production d'un accident (Leplat, 1998). Elles constituent des aides dans le traitement des situations à risques, mais elles sont également un référent légal, qui permet plus ou moins précisément d'établir les responsabilités en cas d'accident (Hale et Swuste, 1998). Il est bien connu que les règles de sécurité ne sont pas systématiquement mises en œuvre par les opérateurs (Gaudart, Weill-Fassina, 1999 ; Rousseau, Monteau, 1991, par exemple). Cette non-mise en œuvre des règles peut être abordée de deux points de vue : violation, transgression des règles ou réglementations mises en œuvre par les opérateurs (Gaudart, Weill-Fassina, 1999, par exemple). Nous définirons ce que nous entendons par violations, puis nous examinerons les différents facteurs qui peuvent conduire à violer les règles. Nous reviendrons sur la non-mise en œuvre des règles de sécurité comme s'inscrivant dans le cadre de la régulation des systèmes de travail et sur les différents moyens dont disposent les opérateurs pour gérer les risques, notamment les pratiques informelles de sécurité, les savoir-faire de prudence (Rousseau, Monteau, 1991 ; Cru, 1995).

1.2.2.1. Règles de sécurité et violation

S'intéressant à la non-mise en œuvre des règles, Dejours (1996) utilise le terme d'infraction : « Violation d'un engagement, d'une loi, d'une convention, qui renvoie au verbe enfreindre » (p. 108), et un terme plus précis : la transgression, qu'il définit du point de vue de la psychodynamique du travail : « Cédant à son désir, un sujet contrevient à un règlement, une règle, un contrat, une loi ou un interdit » (p. 110).

Les violations dont nous traitons relèvent des infractions à une loi, à un règlement, à une règle ou à un interdit concernant la sécurité. Nous considérons qu'elles sont intentionnelles.

Erreurs et violations peuvent être appréhendées comme un écart à la norme. Nous les différencions du point de vue de l'intentionnalité.

Non intentionnelles, les violations peuvent être attribuées à la méconnaissance, à l'inexpérience (Reason, 1993 ; Reason *et al.*, 1998). Nous considérons qu'elles relèvent de l'erreur. Nous nous intéressons ici aux violations intentionnelles, en excluant les cas de

malveillance ou de négligence. Dans ces termes, on peut rapprocher les violations des règles d'une prise de risque, telle que définie par Goguelin (1988). En effet, on peut considérer que la règle est conçue pour gérer un risque objectif d'accident. Sa violation, dans la mesure où elle est intentionnelle, constitue alors une prise de risque.

Les erreurs «concernent tous les cas où une séquence planifiée d'activités mentales ou physiques ne parvient pas à ses fins désirées et quand ces échecs ne peuvent pas être attribués à l'intervention du hasard » (Reason, 1993, p. 31). Elles se distinguent donc des violations qui sont intentionnelles.

Erreurs et violations sont toutefois difficiles à distinguer puisqu'elles peuvent être concomitantes dans une même séquence d'actions, mais une violation n'implique pas systématiquement la production d'une erreur, et inversement une erreur n'est pas systématiquement liée à une violation (Reason, *op. cit.*).

Reason (1993 ; Reason *et al.*, 1998) distingue les violations routinières, les violations d'optimisation et les violations exceptionnelles (Reason, 1993) ou situationnelles (Reason *et al.*, 1998). Les premières sont habituelles et appartiennent au répertoire des opérateurs — par exemple, ne pas porter de gants isolants en présence de tension quand on a besoin d'effectuer des gestes fins et précis parce que les gants constituent une gêne. Les violations d'optimisation tiennent compte du fait que les opérateurs peuvent poursuivre plusieurs buts dont certains ne sont pas fonctionnels du point de vue de la tâche à réaliser ou encore ne sont pas en cohérence avec les buts de l'organisation. Les violations exceptionnelles ou situationnelles sont produites pour faire face à un concours particulier de circonstances, qui les rendent inévitables. Elles peuvent être provoquées par l'organisation et devenir routinières.

Dejours (1996) différencie quatre types d'infractions : l'infraction à son corps défendant, l'infraction faite de mauvaise foi, l'infraction inévitable et l'infraction pour soi.

L'infraction à son corps défendant est faite consciemment au bénéfice d'autrui. Dejours (*op. cit.*) cite comme exemple les opérateurs des plateaux clientèle qui protègent les gestionnaires des multiples demandes téléphoniques des clients en leur répondant avec une voix contrefaite afin de se faire passer pour le gestionnaire. L'infraction faite de mauvaise foi est faite pour « tromper autrui, en sachant que c'est à son détriment » (*op. cit.*, p. 109). Ces deux types de transgressions ne concernent pas la violation de règles de sécurité.

Les infractions inévitables se produisent dans des situations où le sujet doit faire face à des injonctions contradictoires, par exemple quand les critères de productivité entrent en conflit avec la mise en œuvre de dispositifs de sécurité. Ce sont des violations situationnelles ou exceptionnelles dans les termes de Reason (1993 ; Reason *et al.*, 1998). Les infractions pour soi sont faites «sans intention de nuire, mais pour soi, pour son désir, son plaisir ou ses convictions » (Dejours, *op. cit.* p. 110).

1.2.2.2. Les différents facteurs qui conduisent à violer les

règles de sécurité

De nombreux auteurs se sont attachés à identifier les facteurs qui conduisent les opérateurs à violer les règles de sécurité et à formuler des recommandations pour leur élaboration. Leplat (1998) propose de distinguer ces facteurs en fonction de deux notions : l'acceptabilité et l'accessibilité.

L'acceptabilité

Pour qu'une règle soit mise en œuvre par les opérateurs, elle doit être acceptée. Plusieurs facteurs peuvent contribuer à ce que ce ne soit pas le cas.

- Le coût de mise en œuvre

Le coût de mise en œuvre d'une règle renvoie aussi bien aux efforts qu'il faut faire, qu'à l'accessibilité des moyens de mise en œuvre et au coût cognitif (Leplat, *op. cit.*). Par exemple, les conducteurs de train diminuent le coût cognitif de la mise en œuvre de procédures de sécurité trop hétérogènes en les redéfinissant. En cas d'arrêt d'urgence, ils réduisent la diversité des actions à entreprendre en fonction des caractéristiques des situations (de Brito, Veyrac, 1997).

Battmann et Klumb (1993) interprètent ces violations dans le cadre d'un modèle « du comportement économique », qui se fonde sur un rapport coût/bénéfice : si ce type de règle est violé, c'est parce que la violation constitue la meilleure et la plus économique façon de réaliser la tâche. Ce type de violation se produirait particulièrement quand l'environnement est tolérant à l'égard du non-respect des règles. Ce point de vue conduit les auteurs à considérer que la seule façon de faire face à ce comportement est de jouer sur le rapport coût/bénéfice. Par exemple, en faisant en sorte que les conséquences des violations soient importantes.

Reason (1993) relève également des violations qui se produisent plutôt dans un environnement tolérant à l'égard du non-respect des règles. Ce sont les violations routinières. Mais la solution qu'il propose pour leur diminution relève plutôt de la conception, qui doit intégrer les besoins et les fonctionnements des opérateurs.

Le point de vue de Battmann et Klumb (*op. cit.*) exclut les activités de régulation des opérateurs. Ainsi, si certaines organisations du travail sont tolérantes à l'égard du non-respect des règles, c'est aussi parce que la violation peut être nécessaire au fonctionnement du système de travail. Elle peut l'être également au fonctionnement de l'opérateur. En effet, diminuer les coûts, c'est aussi économiser ses propres ressources, ce qui participe à la gestion des risques professionnels (Amalberti, 1996) ; cela peut également faire partie d'une stratégie multifonctionnelle visant à effectuer sa tâche tout en préservant sa santé sur le long terme (Gaudart, Weill-Fassina, 1999, par exemple). Autrement dit, si ce type de violation des règles peut être appréhendé dans le cadre d'un rapport coût/bénéfice, élaborer des

recommandations pour les diminuer nécessite de prendre en compte les activités de régulation, de gestion des risques et de la santé.

- La cohérence de la réglementation

Quand les règles sont conçues progressivement, souvent à la suite d'accidents ou d'incidents, quand elles sont conçues par des autorités organisationnelles différentes, il peut alors exister des conflits entre les règles elles-mêmes, et dans l'ensemble les prescriptions peuvent manquer de cohérence (Leplat, *op. cit.*).

Ce type de contexte peut également concourir à une surabondance de règles, visant à identifier et traiter toutes les situations problématiques qui pourraient se produire, réduisant ainsi la part d'initiative de l'opérateur, ce qui rend difficile le développement des compétences pour faire face à l'imprévu.

- La cohérence entre les règles de sécurité et l'organisation du travail

De nombreux auteurs ont noté l'existence de conflits entre sécurité et production, sécurité et contraintes temporelles ou encore sécurité et considérations économiques, qui peuvent non seulement conduire à la violation des règles de sécurité, mais constituent un facteur accidentogène.

Ces deux types de conflit engendrent des infractions que Dejours (1996, p. 108) qualifie d'inévitables et Reason d'exceptionnelles ou de situationnelles (Reason, 1993 ; Reason *et al.*, 1998). Leplat (*op. cit.*), Battmann et Klumb (*op. cit.*) proposent d'établir une hiérarchie plus précise des règles de façon à faciliter la prise de décision en cas de conflit. Mais pour Leplat, dans ce cadre, ce sont les compétences des opérateurs qui font la différence, notion absente du modèle proposé par Battmann et Klumb (*op. cit.*).

- Les conflits entre règles de sécurité elles-mêmes et entre règles de sécurité et organisation du travail ne sont pas les seuls que les opérateurs sont amenés à résoudre. Par exemple, le suivi d'une procédure pas à pas est abandonné par des pilotes d'avion pour pouvoir garder le contrôle de la situation (de Brito, Boy, 1999). Les contraintes de l'activité de pilotage d'avion entrent en conflit avec la réalisation du suivi de la consigne, ce qui renvoie à la question du coût cognitif.

- Sous- et sur- spécification des règles

Sous- et sur- spécification des règles peuvent être abordées, comme le proposent Hale et Swuste (1998), en catégorisant les règles en fonction des niveaux de fonctionnement de

Rasmussen (1986)⁶.

La sous-spécification correspond par exemple à des règles qui n'expriment que le but à atteindre sans préciser le déroulement de la procédure, ni spécifier les actions. L'élaboration de la procédure est à la charge de l'opérateur et l'atteinte du but dépend des compétences qu'il a acquises. Si elles sont insuffisantes, l'opérateur peut être découragé d'utiliser cette règle (Leplat, *op. cit.*).

La sous-spécification des règles peut également être un moyen de faire face aux aléas, comme le relèvent Fai ta et Duc (1996), qui utilisent dans ce cas le terme de « prescription floue ».

La surspécification correspond à des règles qui vont jusqu'à préciser les actions à réaliser, ou les actions interdites. Ce sont les règles qui maximisent les avantages, mais également les inconvénients pour celui qui doit les appliquer, comme pour celui qui les impose (Hale et Swuste, *op. cit.*), notamment parce qu'elles ne sont pas toujours adaptées à la situation traitée et laissent trop peu d'initiative à l'opérateur qui, en fonction de ses compétences, n'a pas besoin du même niveau de guidage.

Un compromis peut être trouvé entre ces deux points. La proposition de Leplat (*op. cit.*) de modulation des règles en fonction des compétences des opérateurs paraît adaptée et susceptible de faire accepter les règles : les experts n'ont pas besoin du même niveau de guidage que les novices.

- La pertinence des règles

Des modifications de l'organisation du travail ou l'introduction de nouveaux outils peuvent rendre les règles initiales moins adaptées aux objectifs (Hale, 1990). Par ailleurs les opérateurs émettent des jugements sur leur efficacité pour gérer les risques (Hale, *op. cit.* ; Leplat, *op. cit.* ; Gaudart et Weill-Fassina, 1999 ; Mayen et Savoyant, 1999). Jugement nécessaire, car travailler, c'est « s'impliquer activement notamment dans la vérification du domaine de validité de la règle formelle » (de Terssac, 1992, p. 145).

⁶ Fonctionnement au niveau des connaissances, des règles, des automatismes.

L'accessibilité

- L'accessibilité renvoie aussi bien à la disponibilité des moyens qu'à la lisibilité, au sens large. Veyrac *et al.* (1997) précisent, par exemple, la notion d'utilisabilité matérielle, qui concerne la possibilité de consulter une consigne au cours de la réalisation de la tâche, et l'utilisabilité cognitive d'une consigne, qui renvoie au fait qu'il est plus ou moins facile de rechercher de l'information. Dans une étude sur l'utilisation des procédures dans le domaine de l'aviation civile, 52 % des pilotes précisent qu'ils ont des difficultés pour retrouver l'information pertinente en situation anormale, et 31 % font ce même constat pour les situations d'urgence (de Brito, 1998).

- Par ailleurs, il est nécessaire qu'une règle soit comprise par tous les opérateurs. De Brito (*op. cit.*) montre la relation entre l'incompréhension des raisons d'une action prescrite et le refus d'appliquer la prescription. Plus précisément, les opérateurs doivent comprendre les motifs de la règle et les conséquences de sa violation pour la sécurité (Leplat, *op. cit.* ; Mayen, Savoyant, 1999).

Ce point de vue souligne le rôle de la formation, qui doit permettre à l'opérateur de comprendre les motifs des règles, de comprendre la logique de leur élaboration et leur impact pour gérer les risques (Mayen, Savoyant, *op. cit.*). Mayen et Savoyant (*op. cit.*), analysant une formation, relèvent l'absence de présentation de la « théorie » de la réglementation sur la sécurité, c'est-à-dire les éléments qui permettent de comprendre les installations de sécurité, les outils et les procédures en tant que réponse pour assurer la sécurité ; ce qui ne facilite pas la compréhension et la réinvention de la nécessité de la réglementation. Or, ces acquisitions sont cruciales pour faire face à l'urgence en situation réelle.

La violation des règles de sécurité, entre déni du danger et mise en scène de ses compétences

Outre cet ensemble de facteurs mis en évidence dans le champ de l'ergonomie ou de la psychologie ergonomique, plusieurs autres doivent être pris en compte pour rendre compte des violations : nécessité de jouer avec le danger pour faire face à la souffrance que génère la peur : « idéologies défensives de métier » (Dejours 1987, 1993 ; Cru, 1993, 1995) ; nécessité de montrer ses compétences dans des « arènes d'habiletés » (Dodier, 1989, 1993, 1996).

- Les idéologies défensives de métier se manifestent plutôt dans des situations où il existe un danger physique réel et important pour l'opérateur. Elles relèvent d'un mécanisme psychologique qui permet aux opérateurs de se défendre contre la souffrance qu'occasionne

la peur (Cru, 1993).

Pour être efficace, les mécanismes de défense doivent être partagés par les membres d'une collectivité (Dejours, 1993). Toute une série de comportements sont indicateurs de la peur dans le travail. Ils ont en commun la « mise en scène des questions relatives au danger, à l'ignorance, à la méconnaissance, à l'erreur, à l'usage des dispositifs de sécurité » (Dejours, 1987, p. 226). Ils sont associés à des interdits qui portent sur tout ce qui pourrait rappeler la peur, ce qui se traduit notamment par la négation du danger. Cru (1993, 1995) en fournit de nombreux exemples dans le domaine du bâtiment. La peur a des effets sur la santé des opérateurs. On note la consommation de différents médicaments psychotropes, l'abus d'alcool, de café ou encore des excès alimentaires (Dejours, 1987).

Mais ce sont ici d'autres conséquences de la peur qui nous intéressent plus particulièrement. Les consignes de sécurité peuvent être rejetées par les opérateurs car elles interviennent comme un élément désorganisateur de leurs défenses (Dejours, *op. cit.*). Les violations sont ici indicatrices de la souffrance des opérateurs.

- Mais violer les règles de sécurité, c'est aussi se démarquer des usages prévus par les concepteurs ou les préventeurs, c'est se donner les moyens d'en découvrir de nouveaux et de faire reconnaître ses compétences.

Les compétences des opérateurs sont évaluées non seulement par la hiérarchie mais également par leurs pairs, et plus particulièrement au travers de mise en scène par l'opérateur lui-même de ses propres compétences. Le jugement des pairs porte sur ce que Dodier (1989) nomme « la grandeur professionnelle » et s'exprime par des termes rendant compte des qualités (coup d'œil, précision des gestes, par exemple) d'un individu dans sa « connaissance intime du travail ».

Ces mises en scène sont des « arènes d'habiletés ». La violation de règles de sécurité (enlever le carter d'une machine, ne pas porter ses gants de protection) dont le respect peut constituer une gêne dans la réalisation de l'activité (difficultés de prise d'information) relève aussi de la nécessité de montrer ses compétences pour renforcer ou revendiquer une place dans la hiérarchie, éventuellement locale, regroupant quelques opérateurs.

Ce sont les violations qui permettent à l'individu « de se hisser au-dessus des compétences qui lui sont présumées par les règles » (Dodier, 1996, p. 32) : les règles de sécurité comportent toujours une représentation des compétences des opérateurs auxquels elles sont destinées. En donnant à voir qu'il est plus compétent que ne le présume la règle, l'opérateur montre sa « grandeur professionnelle ».

Idéologies défensives de métier et arènes d'habileté ne relèvent pas directement de notre propos, mais ne peuvent toutefois pas être négligées pour analyser la gestion des risques par l'opérateur et les compétences mobilisées à cette fin. Nous nous intéresserons notamment aux

savoir-faire de prudence qui, d'après Cru (1995, p 36), s'inscrivent «dans la logique de l'idéologie défensive de métier», dans la mesure où ils ne sont pas mis en avant par les opérateurs «comme tout ce qui est susceptible d'éveiller la peur de suggérer aux individus et aux collectifs des images de souffrance et de mort». Nous les aborderons d'un autre point de vue. Nous les considérons comme des règles et des procédures élaborées et transmises par la collectivité de métier⁷. Ils constituent une dimension des compétences à acquérir pour gérer les risques, puisqu'ils complètent les règles de sécurité (Rousseau, Monteau, 1991 ; Cru, *op. cit.*). Nous retiendrons également des travaux de Dodier (*op. cit.*) que violer les règles c'est se démarquer des usages prévus, c'est montrer qu'on est plus compétent que ne le présume la règle.

Dans l'ensemble différents travaux se sont attachés à identifier des facteurs qui conduisent les opérateurs à violer les règles de sécurité. L'examen de l'ensemble de ces facteurs et le traitement des problèmes identifiés permettent d'élaborer des recommandations dont l'objectif est de diminuer les violations. Mais «l'amélioration de la prescription ne parvient pas à supprimer la part d'initiative de l'opérateur ; elle la déplace et parfois elle la dissimule de nouveau». (Cru, 1993, p. 76). Il ne s'agit pas pour autant de renoncer à l'amélioration des règles de sécurité, mais de considérer qu'elles demeurent forcément incomplètes et imparfaites au regard du réel (de Terssac, 1992 ; Reason *et al.*, 1998). Le respect de la règle n'est en effet pas toujours le comportement le plus efficace pour assurer la sécurité de l'opérateur, notamment quand la règle est inappropriée même localement (Reason *et al.*, 1998).

Le rapport aux règles de sécurité relève de l'écart entre la tâche prescrite et la tâche telle que l'opérateur la redéfinit (Leplat, 1997 b). Cette redéfinition rend compte des compétences des opérateurs. Respecter une prescription nécessite de l'interpréter ; l'opérateur n'applique pas simplement une règle ou une procédure (Davezies, 1993 ; Mayen et Savoyant, 1999, par exemple). Cela nécessite également d'établir un diagnostic de compatibilité entre l'état du dispositif et les effets de la mise en œuvre de la prescription (de Terssac, 1992). Il s'agit donc pour nous d'identifier qu'elles sont les compétences en jeu dans ces activités.

⁷ Ils se différencient des règles de métier dans la mesure où ils n'ont pas un caractère contraignant.

1.2.2.3. L'utilisation des règles de sécurité ne se résume pas à application versus violation

Les règles de sécurité ne sont pas les seuls moyens dont disposent les opérateurs pour gérer les risques. Rousseau et Monteau (1991 et Cru (1995) mettent en évidence des « pratiques informelles de sécurité », ou des savoir-faire de prudence, selon les termes de Cru, mis en œuvre par les opérateurs expérimentés.

Par exemple, pour les tailleurs de pierre, « la bonne mise en chantier de son caillou » consiste à installer la pierre en face de soi, sur un emplacement dégagé pour que les gestes puissent être réalisés aisément. La pierre est un peu inclinée, ce qui permet de la tailler sans recevoir d'éclat dans l'œil, ni en envoyer à ses voisins. Elle est également calée pour éviter qu'elle ne bouge sous les effets des coups portés pour la tailler (Cru, 1995).

Aucune règle de sécurité ne définit la bonne mise en chantier du caillou qui permet de gérer des risques d'accidents pour soi, pour les autres. Elle constitue un savoir-faire de prudence. Les savoir-faire de prudence sont transmis par la collectivité de métier. Ils ont pour caractéristique de rester méconnus des organismes de sécurité ou de l'organisation du travail (Cru, *op. cit.*). Ils sont discrets à l'observation (Rousseau, Monteau, *op. cit.*). Ils complètent les fonctions de sécurité des règles formelles. Cru, Rousseau et Monteau (*op. cit.*) s'accordent pour préciser qu'ils ne sont identifiables qu'en s'intéressant à leur efficacité pour gérer les risques. Une approche fonctionnelle est donc nécessaire.

Les savoir-faire de prudence constituent donc une dimension des compétences à acquérir pour gérer les risques. Ils peuvent être appréhendés comme la mise en œuvre d'une règle intégrant à la fois des connaissances techniques et sécuritaires. « La bonne mise en chantier de son caillou » est un exemple d'une telle intégration. Les savoir-faire de prudence sont transmis par la collectivité de métier. Mais quel est leur mode de développement par le sujet ? Quelles sont les caractéristiques des situations qui favorisent leur appropriation, leur développement ? Ces deux questions restent en suspens.

Toutes les pratiques informelles de sécurité sont-elles des savoir-faire de prudence ?

Par exemple, à la SNCF les annonceurs sont chargés d'assurer la sécurité des chantiers d'entretien des voies ferrées, qui se déroulent sans que la circulation des trains soit interrompue. Ces opérateurs utilisent différents indicateurs prélevés dans l'environnement pour anticiper puis annoncer suffisamment tôt à l'équipe de maintenance l'arrivée d'un train, afin que tous les opérateurs puissent « dégager » les voies à temps (De la Garza, 1995 a). Ces indicateurs varient en fonction des caractéristiques de situations de travail. À proximité d'un passage à niveau, les annonceurs utilisent l'abaissement des barrières à niveau, les sonneries. Il

s'agit d'une pratique informelle de sécurité, plus difficilement qualifiable de savoir-faire de prudence. En effet, les opérateurs se fondent sur des dispositifs techniques qui peuvent tomber en panne... Nous considérons que les savoir-faire de prudence complètent les fonctions des règles de sécurité pour gérer les risques et que leur mise en œuvre constitue un comportement aussi sûr que l'est la mise en œuvre d'une règle. Les pratiques informelles de sécurité auraient alors un domaine de validité plus restreint pour gérer les risques.

L'exemple issu des travaux de De la Garza (*op. cit.*) a l'intérêt de souligner que ce ne sont sans doute pas les pratiques informelles de sécurité prises isolément les unes des autres qui constituent des moyens efficaces pour gérer les risques, mais plutôt un ensemble de moyens complémentaires. Dans ce cadre, les pratiques informelles de sécurité ne seraient pas toutes des savoir-faire de prudence. Les règles de sécurité constitueraient une partie de ces moyens, mais elles ne semblent pas toutes avoir le même statut pour l'opérateur.

Rousseau et Monteau (*op. cit.*) observent en effet que si certaines règles de sécurité sont systématiquement mises en œuvre, d'autres ne le sont qu'en fonction du contexte. Par exemple, en basse tension, des monteurs électriciens n'effectuent pas de vérification d'absence de tension « quand le lieu de consignation est visible » (p. 36). La vérification d'absence de tension systématique après une coupure est prescrite par une règle formelle de sécurité. Elle n'est donc ici mise en œuvre qu'en fonction du contexte.

Ainsi les opérateurs semblent disposer d'un ensemble de moyens de différentes natures pour gérer les risques : règles formelles de sécurité, dont certaines ne sont appliquées qu'en fonction du contexte, savoir-faire de prudence, qui complètent les règles de sécurité, et pratiques informelles de sécurité, dont le domaine de validité est plus restreint. Ces différents moyens constituent des ressources pour gérer les risques et réguler le système de travail. Mais les relations entre ces différentes entités semblent peu précisées. Ainsi, les pratiques informelles de sécurité sont-elles toujours complémentaires des règles ou bien s'y substituent-elles ?

Cette question, déjà relevée par Faverge (1967), nécessite d'être éclairée. En effet Rousseau et Monteau (*op. cit.*) observent que les monteurs électriciens utilisent la visibilité du lieu de consignation comme critère à la place de la vérification d'absence de tension. D'autres fois, c'est l'ordre prescrit des opérations qui est modifié et confère un caractère contextuel à la règle. Il semble que les critères d'application de ces règles jouent des rôles différenciés, ce qui pourrait masquer différents types de rapports aux règles.

Il s'agit donc pour nous de caractériser cet ensemble de moyens, d'identifier les rapports qu'ils entretiennent (complémentarité, substitution), d'analyser leur rôle dans la gestion des risques professionnels, les dimensions des compétences qui les sous-tendent et leur mode de développement par le sujet.

1.2.3. Les activités de diagnostic impliquées dans la gestion des risques

La fonction de prévention que les opérateurs assurent au sein des systèmes de travail nécessite la mise en œuvre d'activités de diagnostic pour évaluer la situation traitée. Rousseau et Monteau (1991) par exemple qualifient ces activités d'identification, d'anticipation des situations accidentogènes afin de les prévenir. De façon assez similaire, De la Garza (1995 a) définit la gestion des risques comme nécessitant anticipation, élaboration d'un diagnostic, surveillance de l'évolution de la situation et régulation de la situation.

À la suite de Hoc et Amalberti (1994 ; 1995 ; 1998), les activités de diagnostic sont définies comme des activités de compréhension des situations ayant comme objectif l'élaboration de décision d'action. Dans ces termes le diagnostic inclut le pronostic, et détermine les actions de prévention à mettre en œuvre⁸.

Si de nombreux travaux se sont intéressés au diagnostic dans des domaines comme la conduite de processus dynamiques (Hoc, Amalberti, *op. cit.*, par exemple) ou le diagnostic de panne (Rasmussen, 1984 ; 1986, par exemple), avec des objectifs variés comme la formation (par exemple, Patrick, 1989 ; 1993 ; Munley, Patrick, 1997 ; Morris, Rouse, 1985) ou l'élaboration de dispositifs d'aide (Konradt, 1995 ; Rasmussen, *op. cit.*), il semble que les activités de diagnostic impliquées dans la gestion des risques professionnels, tels que nous les définissons, et les compétences qui les sous-tendent restent une question ouverte.

Comment caractériser les stratégies de diagnostic impliquées dans la gestion des risques, quelles sont les compétences qui les sous-tendent sont donc deux points à éclairer.

Pour résumer, nous avons notamment retenu la fonction de prévention des opérateurs au sein des systèmes de travail. Elle ne s'appuie pas uniquement sur des règles de sécurité, mais plutôt sur un ensemble de moyens, composé également de pratiques informelles de sécurité, qui peuvent s'y substituer ou les compléter. Les savoir-faire de prudence sont un moyen essentiel de la gestion des risques, dans la mesure où justement ils complètent les règles de sécurité et marquent ainsi qu'elles ne sont pas toujours suffisantes, comme le soulignent également Reason *et al.* (1998). Par ailleurs les travaux examinés pointent le rôle de la collectivité de travail, notamment pour la transmission des savoir-faire de prudence.

Nous avons relevé plusieurs questions qui devraient être traitées concernant les compétences mises en œuvre pour gérer les risques professionnels :

- Quelle est la nature des compétences qui sous-tendent les pratiques informelles de sécurité, les savoir-faire de prudence ?

⁸ Nous aborderons de façon plus précise ces activités en analysant la tâche des opérateurs de maintenance des systèmes électriques (chapitre 4).

- Les savoir-faire de prudence semblent marqués par l'intégration d'aspects techniques du métier et d'aspects sécuritaires. S'agit-il d'une caractéristique commune aux différentes dimensions des compétences qui sont impliquées dans la gestion des risques professionnels ?

- Comment se développent les pratiques informelles de sécurité, les savoir-faire de prudence ?

- Quelles sont les relations qu'ils entretiennent avec les règles formelles de sécurité ? Complémentarité ? Substitution ?

Nous mettons ici l'accent sur l'utilisation des règles de sécurité, mais insérés dans des collectivités de métier, les opérateurs disposent aussi de règles de métier qui peuvent participer à la gestion des risques par l'opérateur. C'est le point de vue que nous retiendrons en nous intéressant aux règles de métier.

Par ailleurs, s'il paraît clair que les activités de diagnostic sont impliquées dans la gestion des risques, peu de travaux se sont intéressés au diagnostic sous cet angle.

- Quelles sont les caractéristiques des stratégies de diagnostic impliquées dans la gestion des risques ?

- Quelles sont les compétences qui les sous-tendent ?

1.2.4. Les représentations et connaissances impliquées dans la gestion des risques

Jusqu'à présent nous avons laissé en suspens les représentations et connaissances impliquées dans la gestion des risques. Nous nous intéresserons tout d'abord aux représentations pour l'action et aux connaissances qui peuvent être impliquées dans la gestion des risques professionnels. Cette première approche sera plus amplement détaillée dans le chapitre suivant. Nous définirons ensuite ce que nous nommons des « modèles opératoires du risque ».

Les représentations auxquelles nous nous intéressons sont des représentations pour l'action (Weill-Fassin *et al.*, 1993). Elles sont issues de l'expérience de l'opérateur, de sa formation et de l'action en situation. Elles sont la caractéristique d'un sujet finalisé qui structure, réorganise ses connaissances, ses savoir-faire (Weill-Fassin *et al.*, 1993). Leur rôle est de conceptualiser le réel dans un but d'action, de transformation... (Vergnaud, 1985). Elles sont des représentations fonctionnelles qui ont pour caractéristiques d'être lacunaires, schématiques — elles ne retiennent du réel que ce qui est pertinent pour l'action (Leplat, 1985).

Avec le développement de l'expérience, le champ couvert par les représentations est étendu. La prise de conscience se développe, permettant de passer de la réussite à la compréhension des raisons de cette réussite. Elles permettent de mieux anticiper l'évolution de la situation, les effets d'une action.

La notion de représentation pour l'action permet donc d'envisager le rapport à l'action d'un

sujet finalisé, et le développement des compétences de cet opérateur.

Les représentations incluent des connaissances. Concernant la gestion des risques, il peut s'agir de connaissances sur les dangers, leurs effets. Par exemple, les dangers du courant électrique pour le corps humain, ses effets par brûlures de la peau, mais aussi brûlures internes. Il s'agit également de connaissances sur les différents dispositifs techniques, leur fonctionnement, la façon dont ils peuvent être utilisés. Dans le domaine de l'électricité, une mesure en ohms doit être effectuée hors tension, faute de quoi l'appareil de mesure (multimètre) peut être endommagé. Mais il ne s'agit pas uniquement de connaissances scientifiques ou techniques. Ainsi, Boreham *et al.* (à paraître) nomment « work process knowledge⁹ » les connaissances du travail et du processus de production qui sont impliquées dans l'activité efficace en situation de travail. Ce sont des connaissances sur les acteurs, sur les flux du système de travail. Il peut s'agir par exemple des flux d'informations qui permettent ou non de gérer des risques (Samurçay *et al.*, à paraître). Les opérateurs élaborent également des concepts pragmatiques. Par exemple, dans la supervision des hauts-fourneaux, il s'agit des descripteurs utilisés par les opérateurs pour désigner et évaluer indirectement différentes variables du processus pour lesquelles on ne dispose pas d'indicateurs directs¹⁰. Les concepts pragmatiques orientent les stratégies de diagnostic des opérateurs (Samurçay, Pastré, 1995). Cet ensemble est caractérisé de « connaissances opérationnelles » : ensemble des connaissances conceptuelles (techniques, scientifiques, pragmatiques), des situations et des classes de situations, des outils et connaissances expérientielles¹¹ (Samurçay, Rogalski, 1993 ; Rogalski *et al.*, à paraître). Il s'agit aussi de métaconnaissances : connaissances des limites de son fonctionnement cognitif, de ses propres capacités et difficultés pour effectuer une tâche dans certaines conditions données (Valot *et al.*, 1993). Ces métaconnaissances sont impliquées dans la gestion des risques. Dans leur étude sur le pilotage d'avion, Valot *et al.* (*op. cit.*, p. 281) rapportent les propos d'un pilote :

« Je ne sais pas suivre trois paramètres à la fois... Or un virage en descente, sans visibilité, implique de contrôler à la fois la distance au sol, la vitesse et le taux de virage... Donc il faut éviter de virer en descente sans visibilité. »

Cet opérateur dispose bien de connaissances sur ses propres compétences qui le conduisent à éviter des situations dont il sait qu'il n'est pas en mesure de gérer les risques. Il

⁹ À l'origine le concept de «work process knowledge» a été utilisé pour rendre compte de la modification de la nature des situations de travail. L'objectif était de ne pas considérer uniquement les compétences d'un opérateur pour une tâche spécifique, mais de prendre en compte le système de travail.

Cette notion permet de rompre avec la vision taylorienne selon laquelle les compétences sont uniquement des connaissances nécessaires pour une tâche précise. En situation de travail, l'opérateur doit par exemple avoir une représentation des différents types de transformations de l'objet au cours du processus de fabrication ; représentation de ce qui est fait en amont, en aval de son poste, des besoins en information des autres acteurs du système de travail...

¹⁰ Nous reviendrons de façon plus détaillée sur la notion de « concept pragmatique » dans le chapitre suivant.

¹¹ Issues de l'expérience des situations, elles sont très contextualisées et personnalisées.

s'agit de connaissances qui participent à la gestion des risques internes des opérateurs (Amalberti, 1996).

Nous appelons « modèles opératoires du risque » l'ensemble des représentations, des connaissances opérationnelles et des métaconnaissances dont disposent les opérateurs pour gérer les risques professionnels. Ils se développent par et pour l'activité de travail, mais également par des actions de formation.

Il s'agit alors de les caractériser, d'identifier leur mode de développement par le sujet, et de dégager les caractéristiques des situations qui pourraient favoriser leur développement et être transposées à des situations de formation.

Le concept de « modèle mental » (Johnson-Laird, 1983) a été utilisé pour décrire les représentations que les sujets élaborent sur les objets, les situations, les actions. D'après Johnson-Laird (1993), reprenant Moray (1990), dans le domaine du travail, on considère que les modèles mentaux ont trois caractéristiques :

- Ils ont une structure modulaire ou hiérarchique. Un opérateur peut se représenter la structure globale d'un système technique, la décomposer en sous-systèmes, eux-mêmes décomposables.
- Ils sont dynamiques. Ils évoluent avec l'expérience.
- Ils rendent explicites des relations causales entre les différents éléments qui constituent le système technique.

Dans le domaine du travail, la notion de modèle mental est souvent utilisée pour rendre compte des représentations des dispositifs techniques. Nous considérons qu'il s'agit de représentations et de connaissances sur les objets, les actions, les situations, mais aussi sur le sujet lui-même : représentations de ses compétences, de ses connaissances, de ses limites.

La notion de « modèle opératoire » est empruntée à Samurçay (1995). Il s'agit de « modèles conceptuels ». Ils sont opératifs dans la mesure où ce sont des modèles pragmatiques, construits dans et pour l'action, et qu'ils intègrent des connaissances opératives, telles que définies par Samurçay et Rogalski (*op. cit.*) ou Rogalski *et al.* (*op. cit.*).

Par ailleurs, les modèles opératoires peuvent constituer des supports pour la formation. Notamment, parce que la richesse de ces modèles mobilisés pour les activités de diagnostic est une caractéristique de l'expertise (Samurçay, Hoc, 1996). Mais en même temps, ces modèles peuvent s'avérer insuffisants et peuvent être complétés par ceux dont disposent les ingénieurs (Samurçay, 1995). Dans ce cadre, ils ont par exemple servi de support à l'élaboration d'un outil d'aide au contrôle de processus (Samurçay, Hoc, 1996). Les auteurs relèvent que l'activité de prise d'informations, les buts sont rendus plus explicites, ainsi que le passage d'un phénomène à un autre. L'analyse de la situation paraît mieux organisée.

Contrairement à Samurçay (1995), nous considérons que les modèles opératoires ne concernent que les aspects conceptuels et représentationnels. Il est alors nécessaire de

s'intéresser à leurs articulations avec les organisateurs de l'activité (règles, procédures, stratégies) et avec les instruments, tels que définis par Rabardel (1995).

La notion de modèle opératoire du risque s'inscrit aussi dans la lignée des travaux de Rousseau et Monteau (1991), même si notre approche diffère quelque peu de celle de ces auteurs. S'intéressant aux pratiques formelles et informelles de sécurité, ils postulent que les opérateurs acquièrent une « image opérative »¹² des situations accidentogènes au cours de leur expérience, à partir de laquelle ils seraient en mesure de développer des activités d'anticipation, d'évitement et de traitement des risques. Au terme de leur étude ils concluent que l'hypothèse d'une « image opérative du risque » est infirmée. Il s'agirait plutôt d'une « image opérative des situations au sens large ». Hypothèse que nous réexaminons, notamment parce que ces auteurs ont davantage observé des pratiques impliquées dans la gestion des aléas que dans la gestion des risques. Nous différencions gestion des risques et gestion des aléas, même si cette dernière participe indirectement à la sécurité de l'opérateur, dans la mesure où les aléas peuvent contribuer à constituer des situations accidentogènes.

Nous faisons l'hypothèse que les modèles opératoires du risque se développent avec la confrontation à des situations à risques et avec la conceptualisation de ces situations. D'autres dimensions des compétences sont concernées : les organisateurs de l'activité, les instruments. Ils participent à la conceptualisation.

Dans la lignée des travaux de Vergnaud (1991, 1996), de Pastré (1999 b, par exemple), la conceptualisation relève d'un rapport dialectique entre la « coordination agie » et la « coordination conceptuelle ». Pour rendre compte de la coordination agie, Pastré (*op. cit.*) rappelle que « l'action efficace témoigne d'une conceptualisation en acte ». Autrement dit, les invariants opératoires — concepts-en-acte, théorème-en-acte (Vergnaud, 1991) — peuvent être mobilisés implicitement dans l'action. Dans ce cadre, la coordination conceptuelle nécessite la prise de conscience. Elle relève de la mise à distance de son activité par le sujet, et de l'abstraction : au-delà de la situation particulière traitée, l'opérateur cherche à repérer des invariants.

2. LES COMPÉTENCES

La « compétence » est une notion polysémique que l'on peut définir de plusieurs points de vue. Elle est liée aux enjeux de l'emploi, à la réorganisation du travail, à la rémunération... Ainsi, elle peut être employée comme synonyme de savoir, savoir-faire, aptitude, qualification, qualité... Elle est un objet de recherche dans différents champs. Pastré (1999 c) propose de les ramener à trois types de questions :

— Les transformations du travail et les compétences qu'elles requièrent (acquises ou à

¹² D'après Ochanine (1978), qui les définit comme un reflet fonctionnel finalisé. Elles ont la caractéristique d'être intentionnelles, laconiques et déformées. Nous considérons que les apports d'Ochanine sont intégrés à la notion de représentation pour l'action.

acquérir).

— Les questions politiques et sociales qui se posent au sein des entreprises, comme la reconnaissance des compétences des acteurs, le passage d'un système de qualifications issu de négociations collectives à un système de compétences davantage fondé sur des négociations individuelles des salariés.

— Le développement des compétences des individus au cours de leur parcours professionnel, notamment pour faire face aux évolutions du travail.

C'est ce troisième niveau qui nous intéresse ici. Des chercheurs de différents champs (Formation et emploi, 1999, par exemple) s'accordent pour prendre en compte la relation étroite entre les compétences et l'activité de travail : elles se construisent principalement dans et pour l'activité, la formation pouvant favoriser leur développement.

Les compétences peuvent être définies comme des ressources — sociales, émotionnelles, cognitives — mises en œuvre pour traiter une situation dans des conditions déterminées (Fischer, 1998). Plus précisément, les compétences individuelles et collectives sont un ensemble organisé de représentations (conceptuelles, sociales, organisationnelles, expérientielles), d'organiseurs de l'activité (schèmes, procédures, raisonnements, prise de décision, coopération), intégrant l'usage des instruments (Samurçay *et al.*, 1999).

Les compétences ne sont pas directement observables, elles sont inférées. Elles peuvent être explicites ou implicites. Leplat (1997) nomme « compétences incorporées » ces compétences qui ont pour caractéristiques d'être intégrées à l'action, facilement mobilisables, difficiles à verbaliser et relevant plutôt d'un niveau de fonctionnement basé sur les automatismes (« skill-based », d'après Rasmussen, 1986). Les compétences incorporées, telles que définies par Leplat, peuvent être rapprochées des concepts-en-acte et théorèmes-en-acte (Vergnaud, 1991) mobilisés implicitement par le sujet.

Une dernière caractéristique des compétences nous intéresse tout particulièrement : elles assurent l'efficacité et la qualité, tout en gérant les conditions de travail pour la préservation de soi (Samurçay *et al.*, 1999).

Ainsi, plusieurs types de travaux, notamment issus du courant de l'ergonomie francophone, se sont attachés à mettre en évidence l'étroite relation entre compétence et santé, soulignant que l'opérateur est aussi un acteur de sa santé au travail. Par ailleurs nous avons souligné à plusieurs reprises le rôle de l'expérience pour la gestion des risques professionnels, mais qu'est-ce qui est acquis avec l'expérience ? Tous les types d'expérience sont-ils équivalents ?

2.1. INTÉGRATION DE L'ACTIVITÉ FONCTIONNELLE PRINCIPALE ET DE LA GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS

Différents travaux, notamment s'intéressant au vieillissement au travail, soulignent la relation étroite entre compétences et santé. Les opérateurs plus âgés mettent en œuvre des stratégies multifonctionnelles qui permettent d'atteindre des objectifs de production tout en préservant

leur santé à long terme par la réduction des déplacements, l'évitement des situations les plus coûteuses, la création de marges de manœuvres pour éviter de travailler dans l'urgence... (Gaudart, Weill-Fassina, 1999 ; Gaudart, Pondaven, 1998, Pueyo, 1999). La possibilité de mise en œuvre de ces stratégies reste très dépendante du contexte organisationnel. Dans tous les cas, ces travaux soulignent que ces opérateurs ont acquis des compétences fines au cours de leur parcours professionnel : habiletés que ne possèdent pas des opérateurs plus jeunes (Gaudart, Weill-Fassina, 1999), stratégies de diagnostic d'ensemble permettant l'anticipation (Pueyo, 1999), pour ne citer que deux exemples.

Ces stratégies multifonctionnelles témoignent de l'intégration de l'activité fonctionnelle principale et de la gestion de sa santé par l'opérateur. Cette intégration est aussi une caractéristique de la gestion des risques professionnels.

Plusieurs auteurs s'accordent en effet pour souligner que la gestion des risques est intégrée à l'activité fonctionnelle principale (De la Garza, 1995 a ; Rousseau, Monteau, 1991, notamment). Bien des procédures intègrent d'ailleurs ces deux aspects. En effet, si on considère les règles de sécurité du point de vue de la tâche et de leur intégration dans les opérations de production, certaines règles de sécurité ne peuvent pas être différenciées des procédures de production : c'est la mise en œuvre de la procédure elle-même qui assure la sécurité (Leplat, 1998). De la Garza et Weill-Fassina (1995, p. 81) relèvent même qu'avec l'expérience un risque majeur pour les opérateurs de maintenance des voies ferrées — le passage du train représente un risque de heurt — peut être intégré à l'activité fonctionnelle principale (tasser une soudure ou le ballast) :

« Pour un nouveau sur les voies, le train est effectivement une perturbation puisqu'il entraîne des réactions de peur, d'affolement ou des difficultés de localisation. Mais, avec l'expérience, le statut du train se modifie : il reste un risque majeur, dont les mesures sécuritaires permettent de se protéger, tout en étant incorporé au travail. Il oriente l'activité, le rythme : il peut servir d'instrument pour tasser une soudure ou le ballast. »

Analyser les compétences pour gérer les risques professionnels nécessite donc de prendre en compte cette intégration. Cela signifie notamment que l'on ne pas dissocier complètement la gestion des risques des autres composantes de l'activité des opérateurs dans le traitement d'une situation.

2.2. COMPÉTENCES ET EXPÉRIENCE DU RISQUE

À plusieurs reprises, nous avons noté le rôle que joue l'expérience dans la gestion des risques. Fuller (1984) relève que les activités de gestion des risques nécessitent une expérience du risque. Par ailleurs, l'utilisation contextuelle des règles, savoir-faire de prudence... sont des caractéristiques des opérateurs expérimentés (Rousseau et Monteau, 1991, par exemple). Les opérateurs novices appliquent plus systématiquement les règles de sécurité (Gaudart, Weill-Fassina, 1999, par exemple). Sans doute sont-elles les seuls moyens

dont ils disposent ?

Avec le développement de l'expérience, les opérateurs disposeraient d'un ensemble de moyens plus élargis pour gérer les risques professionnels, les règles de sécurité ne constituant qu'une partie de ces moyens. Ce développement irait de pair avec une logique intégrative, comme nous le précisons au point précédent.

L'expérience est nécessaire au développement des compétences, mais quel type d'expérience ?

On peut en effet différencier l'expérience du métier, l'expérience dans l'entreprise, l'expérience au poste de travail. Elles pourraient ne pas toutes avoir le même poids pour développer des compétences impliquées dans la gestion des risques. En effet, concernant des électriciens d'EDF, l'expérience au poste de travail est déterminante (Mhamdi, 1998) : le taux d'accidents du travail diminue après trois ans d'expérience au poste de travail, quelle que soit l'expérience du métier.

Le développement des compétences pour gérer les risques professionnels apparaît alors très lié à l'expérience au poste de travail. De plus, ces résultats soulèvent le problème de la polyvalence, du transfert de compétences, de leur réinvestissement dans un nouveau domaine d'activité, de la spécificité et de la généralité de l'expertise dans le domaine de la gestion des risques professionnels. Qu'est-ce qui peut être acquis au travers de l'expérience du métier ou du poste de travail ?

Par ailleurs, l'expérience est nécessaire mais elle n'est pas suffisante en soi pour devenir un bon professionnel (Bouthier *et al.*, 1995), et toutes les situations de travail ne favorisent pas le développement des compétences professionnelles (Mayen, 1999 ; Pastré, 1999 d).

Quelles sont les caractéristiques des situations qui pourraient favoriser le développement des compétences pour gérer les risques professionnels ? Comment définir l'expertise dans ce cadre ?

3. LES FORMATIONS À LA GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS

Les formations à la prévention des risques professionnels auxquelles nous avons eu accès sont davantage orientées par la certification des opérateurs que par le développement des compétences pour la gestion des risques.

En effet, en entreprise, les formations qui sont considérées comme axées sur le développement des compétences pour gérer des risques professionnels sont constituées d'un apport de connaissances sur les risques du domaine, leurs effets sur le corps humain, les règles de sécurité et les dispositifs techniques qui permettent de se protéger des risques. Elles sont avant tout des formations qui répondent aux exigences du législateur¹³, qui concernent l'habilitation formelle des opérateurs à réaliser certains types de travaux. Ces formations ne

¹³ Article L. 231 du Code du travail.

prennent pas en compte les situations réelles de travail, et leurs caractéristiques ou encore les pratiques de gestion des risques efficaces mises en œuvre par les opérateurs. Il s'agit essentiellement de formations technico-réglementaires. Le modèle du sujet qui sous-tend ces formations est essentiellement celui d'un sujet qui applique des règles de sécurité conçues par d'autres et qui ne dispose que de ce moyen pour assurer sa sécurité.

Par ailleurs, quand des formations plus « techniques » sont proposées aux opérateurs, elles sont organisées indépendamment des activités de gestion des risques. L'intégration de ces activités à l'activité fonctionnelle n'est pas prise en compte.

Dans le cadre scolaire, la situation est identique. De sorte que pour la maintenance des systèmes électriques, deux référentiels ont été élaborés : l'un porte sur les aspects techniques du métier, l'autre sur la prévention des risques électriques. Ce dernier prépare à l'habilitation électrique (certification) accordée par l'employeur. Dans la salle de cours, deux types de dispositifs de simulation cohabitent : l'un est destiné aux activités qui concernent le premier référentiel, l'autre à celles qui concernent le second. De plus, les élèves sont rarement confrontés à des situations présentant des risques qu'ils doivent gérer. Or l'expérience du risque semble bien être un facteur déterminant (Fuller, 1984) pour développer des compétences dans ce domaine.

Il semble que proposer des activités impliquant la gestion des risques professionnels entre en contradiction avec la responsabilité de l'enseignant en cas d'accident. Il est en effet juridiquement responsable. Cette difficulté est également soulevée par Rousseau (1998) dans une étude sur la gestion des risques dans un lycée professionnel. Sans doute, l'organisation des cours en atelier ne facilite pas la gestion des risques par l'enseignant dans les situations didactiques. Dans un lycée professionnel, nous avons pu observer que des tâches de maintenance des systèmes électriques étaient proposées à des binômes d'élèves. Pour l'enseignant, cela signifie s'occuper d'au moins six binômes, l'effectif de la classe étant scindé en deux. Il se déplace donc d'un binôme à l'autre pour apporter son aide, expliquer, corriger. Il ne peut donc pas rester en permanence auprès d'un binôme pour le guider et gérer les risques.

Dans un tel contexte, il s'agit, d'une part, de proposer des situations didactiques qui favoriseraient mieux le développement des compétences pour la gestion des risques professionnels. Il s'agit notamment de situations fondées sur l'intégration des aspects techniques du métier et de gestion des risques. D'autre part, il paraît nécessaire de proposer des situations présentant des risques.

Pour un domaine d'activités particulier, quelles sont ces situations ? Quelles dimensions des compétences contribuent-elles à développer ? Quelles formes de transposition pourraient être adoptées afin de proposer des situations efficaces pour le développement des compétences professionnelles tout en permettant une gestion des risques par l'enseignant ?

Dans l'ensemble, les questions que nous avons relevées concernent, d'une part, la nature et le développement des différentes dimensions des compétences impliquées dans la gestion des risques et, d'autre part, des caractéristiques des situations qui pourraient favoriser ce développement. Nous avons précisé trois axes à explorer :

- L'ensemble de moyens qui semble être constitué par les règles formelles de sécurité, les pratiques informelles et les savoir-faire de prudence. Comment caractériser cet ensemble ? Quels sont les rapports entre les différentes entités qui le composent ? Quelle est la nature des compétences qui sous-tendent ces pratiques ? Comment se développent-elles ?

- Les activités de diagnostic qui sont impliquées dans la gestion des risques. Quelles sont les caractéristiques des stratégies de diagnostic mises en œuvre pour gérer les risques professionnels ? Comment se développent-elles ?

- Nous avons défini les modèles opératoires du risque comme l'ensemble des connaissances et des concepts impliqués dans la gestion des risques professionnels. Quelles sont leurs dimensions ? Quelles sont les connaissances et les concepts qui les composent ? Comment se développent-ils ?

Nous avons retenu un dernier ensemble de questions concernant l'expérience. Elle est au cœur du développement des compétences, mais en même temps l'expérience n'est pas suffisante en soi pour devenir un bon professionnel (Bouthier *et al.*, 1995). Concernant la gestion des risques professionnels, expérience au poste de travail et expérience du métier ne semblent pas avoir les mêmes effets. Comment jouent-elles sur le développement des compétences ?

Nous aborderons ces différentes questions en examinant plus particulièrement le domaine de la maintenance des systèmes électriques car, d'une part, les dangers de l'électricité sont bien connus et, d'autre part, le domaine de l'électricité fait référence à un ensemble de métiers, la formation professionnelle qui les concerne étant prise en compte par l'accord-cadre.

Dans le chapitre suivant, nous présentons les cadres théoriques qui permettent d'aborder nos questions.

CHAPITRE 2

COMMENT LES COMPETENCES POUR GERER LES RISQUES PROFESSIONNELS SE DEVELOPPENT-ELLES ?

Dans ce chapitre, nous abordons différents modèles qui permettent d'analyser les compétences pour gérer les risques professionnels, leur développement et les situations de formation qui pourraient favoriser cette genèse.

Deux types de modèles contribuent à l'analyse des compétences pour gérer les risques professionnels : des modèles s'intéressant au développement des compétences, des modèles ayant pour objet la gestion des risques par l'opérateur.

Enfin, nous aborderons des travaux s'intéressant à la formation, en nous centrant sur ceux qui concernent plus particulièrement la gestion des risques professionnels.

Nous aborderons ici, dans un premier temps, des modèles qui permettent de rendre compte du développement des compétences des opérateurs. Partant des apports de la théorie ACT d'Anderson (1983, 1987), nous soulignerons les limites de cette modélisation pour nous intéresser à des modèles qui s'appuient sur l'activité en situation afin d'en inférer des dimensions des compétences. Nous examinerons ensuite des modèles s'intéressant à la gestion des risques par l'opérateur, en retenant, d'une part, le modèle de contrôle du danger de Hale et Glendon (1987) dans lequel peut s'inscrire la gestion des risques externes. Mais les risques gérés par l'opérateur sont aussi des risques internes. Nous retenons donc, d'autre part, le modèle d'Amalberti (1996). Nous présenterons ensuite différents travaux portant sur la formation. Notamment, des travaux de l'ergonomie francophone et de la didactique professionnelle qui fournissent des pistes de réflexion pour élaborer des formations à la gestion des risques, même s'ils ne se sont pas toujours intéressés directement à cet aspect.

1. LE DÉVELOPPEMENT DES COMPÉTENCES PROFESSIONNELLES

Plusieurs modèles de psychologie cognitive apportent des éléments de compréhension du développement des compétences. L'un des apports du courant du traitement de l'information symbolique pour notre question est de reconnaître le rôle actif du sujet. Issue de ce courant, la théorie ACT d'Anderson (1983, 1987) fournit une interprétation de l'acquisition des connaissances et reconnaît le rôle central de l'action pour l'apprentissage.

Cette approche reste toutefois limitée pour l'analyse des compétences professionnelles et leur développement, ce qui nous conduit à considérer d'autres modèles : « la théorie des champs conceptuels » (Vergnaud, 1991), « Compety » (Rabardel, Samurçay, 1995 ; Samurçay, Rabardel, à paraître). Il s'agit de « modèles cadres », qui décrivent « à un niveau général un comportement » (Amalberti, 1997, p. 13). Ils sont définis (Amalberti, 1996, 1997) comme heuristiques, dans la mesure où ils suscitent d'autres recherches. Ils sont des univers de référence, indispensables pour interpréter les résultats. C'est leur dimension explicative qui prime, dans la mesure où ils ne permettent pas d'élaborer d'hypothèses prédictives.

1.1. PREMIÈRE APPROCHE DU DÉVELOPPEMENT DES COMPÉTENCES

Nous aborderons ici quatre points : nous présenterons d'abord la théorie ACT d'Anderson (1983 ; 1987), puis le rôle de la médiation, notamment des situations, pour le développement des compétences, les différentes dimensions des compétences à acquérir et, enfin, les caractéristiques de l'expertise. Nous concluons en présentant les points que nous retenons et qui nous conduisent à plutôt considérer des modèles qui s'appuient sur l'analyse de l'activité en situation pour identifier les compétences professionnelles.

1.1.1 La théorie ACT

S'intéressant à l'apprentissage, l'un des apports du courant de traitement de l'information symbolique est d'avoir mis l'accent sur les représentations et les connaissances : en tant qu'éléments non observables, leur étude était rejetée par les behavioristes. De plus, le rôle actif du sujet est reconnu : il élabore une représentation de la situation, il met en œuvre une stratégie...

Ce n'est qu'à partir des années 70 que ce courant s'est plus particulièrement intéressé à l'acquisition de nouvelles connaissances (Patrick, 1992). Dans ce cadre, nous retenons la théorie ACT¹⁴ d'Anderson (1983, 1987) qui relève notamment le rôle central de l'action dans l'apprentissage. D'autre part, d'après George (1990, p. 101), c'est « actuellement la seule théorie cognitive à avoir à la fois une réelle ampleur et une valeur prédictive ».

La théorie ACT, généralement qualifiée de « computo-symbolique », fournit une interprétation de l'élaboration des connaissances procédurales à partir des connaissances déclaratives du sujet (Anderson, *op. cit.*).

Les connaissances déclaratives sont des connaissances factuelles, spécifiques ou génériques, verbalisables (George, *op. cit.*). C'est « savoir quoi ». Les connaissances procédurales concernent plutôt « savoir comment ». Elles peuvent s'exprimer sous forme de règles de production du type « si X, alors Y », règles utilisées en général pour expliquer l'expertise, les experts ayant davantage de règles de production, qui sont plus pertinentes que les novices (Patrick, *op. cit.*).

Cette différenciation est adoptée par Anderson (*op. cit.*). La mémoire de travail est en liaison permanente avec une mémoire déclarative (stockage des informations factuelles) et une mémoire procédurale, qui stocke les procédures sous forme de règles de production. Celles-ci sont appliquées au contenu de la mémoire de travail.

¹⁴ « Adaptative control of thought ».

Les connaissances déclaratives produisent des connaissances procédurales au cours de trois étapes :

- l'étape déclarative ;
- la compilation de connaissances ;
- l'ajustement.

- L'étape déclarative

Au départ, le sujet dispose de connaissances déclaratives, ainsi que des méthodes générales de traitement du problème, dites « méthodes faibles », pour réaliser la tâche. Sur cette base, les connaissances déclaratives disponibles qui permettent de choisir les actions à réaliser sont sélectionnées. Mais il est nécessaire de développer une procédure appropriée pour résoudre le problème, laquelle ne se construit qu'avec son traitement.

- La compilation de connaissances

Avec l'action, la compilation des connaissances permet de développer la procédure. Deux processus interviennent :

- La procéduralisation : les connaissances déclaratives utilisées sont intégrées dans de nouvelles règles de production, spécifiques du domaine. Ainsi « le besoin des connaissances déclaratives est éliminé de la mémoire de travail pour l'interprétation, l'information est construite dans des productions procéduralisées » (Anderson, 1987, p. 202).

- La composition : les règles de production qui sont toujours mises en œuvre dans le même ordre sont fusionnées en une seule, ce qui augmente la rapidité d'exécution.

- L'ajustement

Deux types de processus sont impliqués :

- La généralisation permet de créer des règles plus générales à partir de points communs des règles spécifiques.

- La discrimination, à l'inverse, permet de différencier les règles qui se sont avérées efficaces de celles qui le sont moins.

Ainsi, un poids est accordé à une règle, ce qui permettra de la sélectionner quand elle sera en compétition avec plusieurs règles possibles. Ce poids rend donc compte du feed-back.

L'une des critiques adressée au modèle d'Anderson (Ohlsson, 1993) est qu'il postule que les connaissances procédurales ne peuvent être acquises qu'à partir de connaissances déclaratives. Par ailleurs, le modèle d'Anderson ne permet pas de rendre compte du transfert entre connaissances déclaratives (Botshuizen *et al.*, 1995) ou du transfert entre différents domaines.

Ces critiques sont intégrées au modèle d'Anderson et ont donné lieu à une version

différente de la théorie ACT : ACT-R (Anderson, Fincham, 1994 ; Harvey, Anderson, 1996).

D'une part, la mémoire déclarative contient des exemples et la façon dont les procédures doivent être mises en œuvre. L'utilisation des exemples connus implique la mobilisation d'un processus d'analogie, dont les résultats seront compilés dans des règles de production. Le modèle rend ainsi compte de l'apprentissage à partir d'exemples connus. D'autre part, la même connaissance déclarative peut être utilisée dans différents contextes pour générer différentes règles par compilation. Les connaissances déclaratives fournissent ainsi une base pour transférer des connaissances entre des problèmes de domaines différents, dont le traitement ne nécessite pas les mêmes règles procédurales.

Le modèle d'Anderson met l'accent sur la nécessité de la réalisation de l'activité pour transformer les connaissances du sujet. D'après Botshuizen *et al.* (1995), le processus de compilation peut être vu comme un processus d'encapsulation : restructuration produite par la réalisation de l'activité. Les connaissances déclaratives sont restructurées, le réseau de leurs relations est étendu et articulé aux variables du domaine. Les auteurs (p. 273) donnent un exemple issu du domaine médical : la notion de « rétention d'urine » est utilisée par les experts pour expliquer différents symptômes d'un patient. Elle « encapsule le processus de gonflement de la prostate qui obstrue le flux d'urine, l'urètre passant au travers de la prostate, conduisant à la rétention d'urine dans la vessie ». Elle encapsule également « les changements anatomiques qui en résultent : distension de la vessie... ». La notion d'encapsulation est utilisée par les auteurs pour rendre compte de la transformation des connaissances des étudiants en médecine sur le long terme, du développement de l'expertise. Encapsulation, dans les termes de Botshuizen *et al.*, ou compilation, dans ceux d'Anderson, sont alors assez proches du développement des concepts pragmatiques, sur lequel nous reviendrons.

Le modèle d'Anderson reste toutefois limité pour aborder le développement des compétences professionnelles. Il est nécessaire de prendre en compte la médiation et, notamment, les caractéristiques des situations, de définir plus précisément les savoirs de référence et l'expertise.

1.1.2. Le rôle de la médiation et des situations pour le développement des compétences professionnelles

À partir de Vygotski (1934/1997), on peut caractériser l'apprentissage comme étant social et impliquant autrui, le développement étant un processus d'appropriation personnelle. Apprentissage et développement sont dans une relation dialectique : il n'y a pas de développement sans apprentissage, et inversement, ce qui est acquis par la médiation d'autrui dépend aussi du développement du sujet. Le développement des compétences s'inscrit dans la dialectique apprentissage-développement¹⁵.

La médiation est donc un moteur du développement des compétences, ce dont rend compte le concept de zone proche de développement introduit par Vygotski (1934/1997). Il s'agit non seulement de la médiation de l'enseignant ou du formateur, mais également de la communauté dans laquelle est inscrit le sujet, qui va notamment permettre d'acquérir des pratiques socialement partagées (Lave, Wenger, 1991), historiquement construites par la profession, comme les règles de métier, les savoir-faire de prudence (Cru, 1995), ou les concepts pragmatiques qui sont montrés, explicités aux novices (Pastré, 1999 b). Il s'agit également des instruments médiateurs du sujet à l'objet de son activité (Rabardel, 1995), ou des situations — situations naturelles ou de simulation —, qui peuvent être, ou sont, des médiateurs du développement des compétences du sujet (De Keyser, Samurçay, 1998).

Sur ce dernier point, on peut effet noter que toutes les situations ne sont pas des « situations potentielles de développement », définies comme « l'ensemble des conditions qu'une situation doit remplir pour engager, puis étayer le processus de développement des compétences d'un individu ou d'un groupe d'individus » (Mayen, 1999, p. 66).

Ainsi, par exemple, Chatigny et Vézina (1995) dans leur étude sur la découpe de porcs dans un abattoir montrent que si certains opérateurs ont acquis une véritable expertise pour affiler les couteaux, ce n'est pas le cas de la majorité.

Ce qui est appris dépend des caractéristiques des situations (par exemple, Tynjälä *et al.*, 1997, Pastré, 1999 d), mais les situations de travail ne permettent pas toujours le développement des compétences.

À partir de la théorie des situations de Brousseau (1988), il est possible de différencier trois types de situations :

- Les situations non didactiques, comme les situations de travail : si les sujets sont confrontés à des problèmes à traiter, ces situations ne sont pas organisées pour l'apprentissage.
- Les situations didactiques qui sont conçues et organisées pour l'apprentissage.
- Les situations adidactiques conçues pour l'apprentissage, elles conservent également

¹⁵ Les apports de Vygotski pour l'analyse des compétences professionnelles sont discutés par Pastré (1997).

des propriétés des situations dont la maîtrise est visée.

Les situations de simulation (situations adidactiques) permettent non seulement de réaliser tout ou partie de l'activité de travail qui est en jeu — apprentissage par la réalisation de l'activité —, mais également de « mettre à distance » lors du debriefing l'activité mise en œuvre, ce qui constitue un moyen de reconstruction, de réorganisation des compétences (Pastré, 1999 b).

La question revient alors à s'intéresser à l'activité et aux caractéristiques des situations, pour en inférer des dimensions des compétences des opérateurs. Le développement des compétences peut être vu comme la capacité à traiter non seulement des situations prototypiques — qui ne nécessitent que la mise en œuvre de procédures stéréotypées, connues, éventuellement prescrites —, mais aussi des situations plus complexes qui s'en écartent, pour lesquelles ces procédures ne sont pas suffisantes (Pastré, 1999 a et c). Ce serait alors une caractéristique des experts.

1.1.3. Les savoirs de référence

Il s'agit pour nous de disposer d'un cadre d'analyse permettant de préciser quelles sont les connaissances qu'il est nécessaire de transmettre en formation aux apprenants, ce qui nécessite de préciser également ce que nous entendons par « savoirs ».

Le savoir à enseigner est en effet bien défini quand il s'agit de transmettre des connaissances techniques ou scientifiques comme dans le domaine de l'enseignement disciplinaire. Il est produit par la communauté scientifique et sa légitimité résulte d'une négociation institutionnelle associant représentants des parents d'élèves, chercheurs, enseignants, instances politiques... Pour un domaine professionnel la situation est différente. Le corps des « savoirs de référence » est l'objet de l'analyse et sa légitimité est liée à sa pertinence (Rogalski, Samurçay, 1994 ; Samurçay, 1994 ; Samurçay, Rogalski, 1993).

Partant des « savoirs de référence » — « objets et traitements communs aux pratiques efficaces » —, Rogalski et Samurçay (*op. cit.*), d'une part, soulignent que les compétences professionnelles ne se limitent pas aux connaissances. Elles sont aussi composées d'organisations de l'activité (Pastré 1997, 1999 b, Vergnaud 1985, 1991, par exemple) et d'instruments élaborés par les opérateurs (Galinier, 1997, Duvenci-Langa, 1997, par exemple). Dans une étude sur la découpe de porcs dans un abattoir, Chatigny et Vézina (1995) montrent qu'il peut s'agir également d'acquisitions d'ordre perceptivo-mental (contrôle visuel), proprioceptif (pression de la lame sur le fusil à aiguiser) ou extéroceptif (sensations tactiles). D'autre part, Rogalski et Samurçay proposent une définition des connaissances opérationnelles (1993 ; Rogalski *et al.*, à paraître) : ensemble des connaissances conceptuelles (scientifiques, techniques, pragmatiques), des types de situations, des classes de situations et des outils cognitifs opératifs. Auxquelles il faut rajouter des connaissances pour travailler au sein de collectifs (Rogalski, 1995 ; Rogalski *et al.*, à paraître), les activités collectives étant

impliquées dans la gestion des risques (De la Garza, 1995 ; Llory, 1997, par exemple), des connaissances construites à un niveau social et historique par une profession — comme la méthode de raisonnement tactique pour les officiers de la sécurité civile (Rogalski, 1995), les règles de métier et les savoir-faire de prudence (Cru, 1995), ou encore les concepts pragmatiques (Samurçay, Pastré, 1995 ; Pastré 1997, 1999 b, par exemple). Enfin concernant, notamment, la gestion des risques, il s'agit aussi de métaconnaissances pour éviter les situations que l'on sait ne pas maîtriser, pour gérer ses propres ressources, qui sont des caractéristiques de l'expertise (Valot *et al.*, 1993 ; Amalberti, 1996).

1.1.4. Comment caractériser l'expertise ?

Plusieurs types de travaux se sont attachés à préciser les caractéristiques générales de l'expertise, nous en retiendrons les points suivants (d'après Patrick, 1992 ; Schraagen, 1994 ; Tynjälä *et al.*, 1997) :

- Les experts résolvent plus vite les problèmes que les novices et en commettant moins d'erreurs.
- Ils se représentent le problème à un niveau plus profond que les novices.
- Ils passent davantage de temps à analyser qualitativement le problème et se centrent sur les traits pertinents de la tâche.
- Les experts catégorisent les problèmes de leur domaine à un niveau plus abstrait.
- Leurs connaissances sont organisées hiérarchiquement, ils disposent de connaissances conceptuelles plus élaborées comparativement à des novices.
- Leur structure de connaissances est plus cohérente que celle des novices.
- De plus, ils ne disposent pas uniquement de connaissances du domaine, mais également de connaissances et de stratégies plus générales, acquises par l'expérience, qui permettent de traiter des problèmes non familiers.

Dans ce cadre, un expert est souvent défini comme un sujet ayant plusieurs années d'expérience. Or, plusieurs travaux dans le domaine de la didactique professionnelle soulignent que si l'expérience est nécessaire, elle est aussi insuffisante (Bouthier *et al.*, 1995) pour définir l'expertise. D'après Sonnentag *et al.* (1998), l'expertise peut être définie comme l'atteinte d'un certain niveau de performance, avec une certaine stabilité dans le temps, la performance pouvant être clairement attribuée au sujet.

Pour notre part, nous retiendrons comme définition de l'expertise le fait de disposer de « compétences critiques » : « celles qui font la différence » (Vergnaud, 1996), « celles qui, chez un opérateur ou dans une équipe, caractérisent un domaine d'expertise. Ce que désigne la compétence critique, outre le niveau d'excellence d'un ou plusieurs acteurs, c'est en quelque sorte le noyau de professionnalité propre à un métier » (Pastré, 1999 c, p. 120). La notion de « compétence critique » doit être mise en relation avec les situations. Les compétences

critiques font la différence, notamment, dans le traitement des situations non prototypiques, comme nous l'avons précédemment souligné.

Par ailleurs, les travaux sur l'expertise ont souvent utilisé le paradigme classique expert-novice, qui paraît insuffisant pour aborder le développement des compétences : il fournit la vision d'un développement continu et linéaire entre ces deux extrêmes (Tynjälä *et al.*, 1997). Tynjälä *et al.* (p. 480) soutiennent, notamment, que s'intéresser au développement des compétences nécessite de prendre en compte « la continuelle construction des connaissances, l'importance du sens de l'activité, la nature contextuelle et situationnelle de l'apprentissage », dans le cadre d'une approche développementale.

De ces différents points nous retenons la nécessité d'analyser l'activité en situation pour identifier les « savoirs de référence » et pour faire des inférences sur les compétences mobilisées par les opérateurs, en fonction des caractéristiques des situations, les connaissances ne pouvant pas être uniquement abordées comme procédurales ou déclaratives, les compétences ne se réduisant pas à des connaissances.

Si l'activité en situation apparaît alors comme un point central, nous ne nous inscrivons pas pour autant dans le courant de la « cognition située », dans la mesure où il ne s'agit pas de décrire des compétences spécifiques pour une situation particulière, mais de les décrire comme des moyens potentiels de traitement des situations.

En effet, le courant de la « cognition située » a fortement mis l'accent sur les situations. Dans ce cadre, l'activité est singulière, unique, inscrite dans un contexte. Mais elle est vue sans structures invariantes. Celles-ci ne sont intégrées que comme des reconstructions rétrospectives (Nardi, 1996). Il est alors impossible de rendre compte, par exemple, de la mise en œuvre de schèmes : organisations invariantes de l'activité pour une classe de situations (Vergnaud, 1985, 1991), ou de l'élaboration d'instruments par le sujet (Rabardel, 1995), qui constituent des dimensions des compétences.

L'apport de l'ergonomie de langue française est justement d'avoir mis l'accent sur l'activité en situation tout en s'intéressant aux invariants et en produisant des résultats généralisables (De Keyser, Samurçay, 1998).

Nous retiendrons également la nécessité d'une approche développementale et l'impossibilité de la réduire à une comparaison experts-novices.

1.2. DES CADRES D'ANALYSE DE L'ACTIVITÉ POUR IDENTIFIER LES COMPÉTENCES

Plusieurs modèles cadres permettent, à partir de l'activité en situation, de faire des inférences sur les dimensions des compétences : la « théorie des champs conceptuels » (Vergnaud, 1991), « Compety » (Rabardel, Samurçay, 1995), « Keops » (Samurçay,

Rogalski, 1993). Nous considérons que ce dernier est intégré à Compety.

1.2.1. La théorie des champs conceptuels

La théorie des champs conceptuels (Vergnaud, 1991) a été élaborée dans le cadre de la didactique des sciences pour rendre compte du développement des compétences, et plus particulièrement de l'élaboration des concepts scientifiques et techniques par le sujet. Elle traite de l'action, de la cognition et du développement des compétences sur le long terme.

La théorie des champs conceptuels a aussi été utilisée pour rendre compte des compétences professionnelles. Il s'agit par exemple des travaux de Pastré (1992, 1994 a et b) concernant des opérateurs dits de « faible niveau de qualification », ou encore des travaux de Mayen (1997) à propos des réceptionnaires d'atelier de réparation automobile.

L'un des apports principaux de Vergnaud, s'appuyant sur les travaux de Piaget, est de souligner que le sujet développe d'abord des connaissances pour agir, pour s'adapter au réel. « Des deux formes de la connaissance, prédicative et opératoire, c'est la forme opératoire qui est première », note Pastré (1999, b, p. 14).

Ainsi, un concept ne prend du sens que dans les situations et les problèmes où ils est mis en jeu. Pour Vergnaud (*op. cit.*), il s'agit d'une élaboration des concepts dans l'action.

Pastré (*op. cit.* p. 16) en donne un exemple issu des travaux de Boucheix et Chanteclair (1999) sur les conducteurs de grue : la manipulation de charges au bout d'une flèche de plusieurs mètres mobilise dans l'action des notions relatives à l'équilibre des masses et des distances. L'opérateur, « dans l'action, sait se servir du concept de centre de gravité ». Dans les termes de Vergnaud, il s'agit d'invariants opératoires qui s'expriment dans l'action : concepts-en-acte, théorèmes-en-acte.

Un concept est défini comme un triplet :

« $C = S, I, S :$

— S : l'ensemble des situations qui donnent du sens au concept (la référence).

— I : l'ensemble des invariants sur lesquels repose l'opérationalité des schèmes (le signifié).

— S : l'ensemble des formes langagières et non langagières qui permettent de représenter symboliquement le concept, ses propriétés, les situations et les procédures de traitement (le signifiant) » (Vergnaud, *op. cit.*, p. 145).

Les théorèmes-en-acte sont des invariants opératoires de type propositionnel que le sujet tient pour vrais. Ils expriment une propriété d'un concept ou des relations.

L'auteur (*op. cit.*) donne comme exemple une règle qu'acquière les enfants entre cinq et sept ans. Pour un ensemble C constitué de deux sous-ensembles A et B, ils additionnent les cardinaux de A et de B, au lieu de compter un par un tous les éléments de l'ensemble C, unique procédure acquise jusque-là. Ils mettent en œuvre une propriété de l'addition, que l'on peut exprimer sous forme de règle : le cardinal de l'ensemble « A plus B » est égal au cardinal

de l'ensemble A plus le cardinal de l'ensemble B, si A et B n'ont pas d'éléments communs.

Les concepts sont mis en œuvre mais très rarement explicités par les élèves. Ce sont des concepts-en-acte. Ils sont des fonctions propositionnelles et, dans ces termes, ils sont dans une relation dialectique avec les propositions : l'un n'existe pas sans l'autre. Concepts-en-acte et théorèmes-en-acte se construisent en étroite interaction.

Les champs conceptuels sont alors définis comme l'ensemble des situations-problèmes, dont le traitement nécessite de mobiliser un même ensemble de concepts et de théorèmes. Autrement dit, ces situations-problèmes ont une même structure conceptuelle.

D'après Vergnaud (*op cit.*), les invariants opératoires sont une partie constitutive des « schèmes » du sujet. Un schème est « une organisation de la conduite pour une classe de situations donnée », mais « ce qui est invariant c'est l'organisation de la conduite, non la conduite elle-même » (*op. cit.*, p. 136). Le schème s'adapte aux caractéristiques de la situation traitée. Il est composé de quatre entités :

- des invariants opératoires, concepts-en-acte et théorèmes-en-acte, qui guident la prise d'informations ;
- des anticipations ;
- des règles du type « si X alors Y » qui organisent la suite des actions du sujet ;
- des inférences produites à partir des informations qui sont prises et à partir des invariants opératoires.

Du point de vue du développement, deux types de classes de situations peuvent être différenciés :

— Les classes de situations que le sujet sait traiter. Dans ce cas, le comportement est généralement automatisé et, d'après l'auteur (*op. cit.*), on observe en général un schème unique.

— Les classes de situations que le sujet ne maîtrise pas — il ne dispose pas de toute la connaissance nécessaire. Dans ce cas, on peut observer des filiations — les schèmes sont accommodés — et des ruptures — de nouveaux schèmes sont élaborés.

Cette différenciation recoupe la notion de situation « prototypique » ou non proposée par Pastré (1999, b) et peut être rapprochée des différents niveaux de fonctionnements de Rasmussen (1986) : schématiquement, en fonction du degré de développement des compétences, les situations prototypiques peuvent être traitées au niveau des automatismes ; les situations non prototypiques nécessitent de fonctionner au niveau des connaissances.

Utilisé pour analyser le développement des compétences professionnelles, ce cadre est modifié sur plusieurs points par différents auteurs :

- La structure conceptuelle des situations de travail ne peut pas être réduite à un champ conceptuel, il ne s'agit pas uniquement de concepts techniques et scientifiques bien identifiés. Pastré (1999, b) utilise le terme de « champ professionnel ». Rogalski et Samurçay (Rogalski, Samurçay, 1994 ; Samurçay, 1994 ; Samurçay et Rogalski, 1993) soulignent la nécessité de mettre en évidence les « savoirs de référence » : « objets et traitements communs aux pratiques efficaces ».

- Pastré et Samurçay (Samurçay, Pastré, 1995 ; Pastré, 1999 b, Samurçay, 2000) mettent en évidence des concepts pragmatiques développés dans et pour l'action par les opérateurs. Ce sont des invariants opératoires, mais ils ne peuvent pas être qualifiés de concepts-en-acte ou de théorèmes-en-acte. D'une part, ils peuvent être enseignés par les opérateurs plus expérimentés, ils peuvent être montrés, qualifiés (Pastré, 1999, b). D'autre part, s'ils font partie des « savoirs de référence » c'est en raison de leur pertinence pour réaliser les tâches d'un domaine plutôt que du fait de leur valeur de vérité¹⁶.

- Vergnaud (*op. cit.*) postule que les invariants opératoires sont une entité constitutive des schèmes. Mais cette intégration n'est pas systématique et les invariants opératoires peuvent être dans une situation de relative indépendance vis-à-vis des schèmes. Ainsi, dans le domaine de la conduite de hauts-fourneaux (Samurçay, Pastré, 1995 ; Samurçay, Hoc, 1996) des invariants opératoires sont identifiés (concept pragmatique de température de fonte, par exemple), mais pas une « organisation invariante de la conduite ».

1.2.2. Compety

Compety (Rabardel, Samurçay, 1995 ; Samurçay, Rabardel, à paraître) est un cadre d'analyse qui pourrait être décrit comme issu, à la fois, de la théorie des champs conceptuels (Vergnaud, *op. cit.*) et des apports de la psychologie ergonomique, notamment des travaux sur les représentations pour l'action (Weill-Fassina *et al.*, 1993).

Les auteurs (Samurçay, Rabardel, *op. cit.*) précisent que les compétences professionnelles intègrent différentes composantes qui concernent l'organisation des représentations, des organisateurs de l'activité (que nous appellerons schèmes de façon générale) ou encore des compétences permettant la maîtrise d'outils.

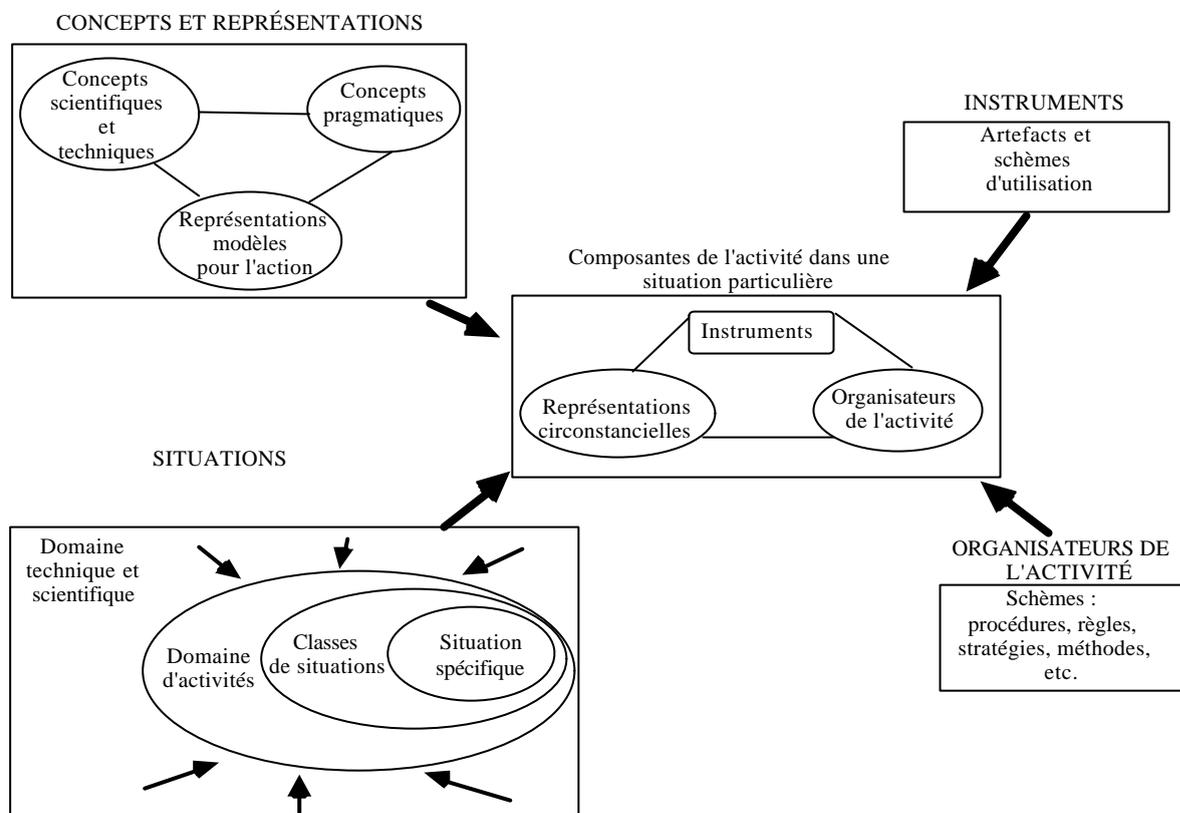
Pour rendre compte des articulations entre ces différentes dimensions des compétences professionnelles, quatre axes sont considérés : l'axe des concepts et des représentations, l'axe des instruments, l'axe des organisateurs de l'activité et l'axe des situations. Les trois premiers axes peuvent être organisés en niveaux, et ce en se référant à l'axe des situations — on considère ici la construction, par le sujet, de classes de situations de plus en plus générales (situation particulière, classe de situations, domaine d'activités). Par ailleurs, ces axes sont organisés en niveaux sur la base de l'axe des situations afin de rendre compte du rôle central

¹⁶ Nous reviendrons plus précisément sur ce point au §1 du chapitre 4.

qu'elles jouent.

On postule que l'activité observable dans les situations singulières peut se réaliser par la mobilisation simultanée ou successive d'entités relevant de plusieurs niveaux d'organisation des représentations, des schèmes, et des instruments.

Schéma 2 : Le cadre d'analyse Compety



Nous examinons successivement l'axe des situations et les axes des entités représentatives, des instruments et des organisateurs de l'activité. Si ces axes sont présentés de façon distincte, « ces entités n'existent que d'une façon articulée et intégrée pour le sujet psychologique et dans l'activité » mise en œuvre pour traiter les situations de travail.

1.2.2.1. L'axe des situations

Il s'agit ici des situations de travail définies comme comprenant des tâches (buts à atteindre, conditions de réalisation des tâches, contraintes qui pèsent sur leur réalisation), des objets de travail et des outils utilisés pour la réalisation de la tâche.

- Le premier niveau pris en compte est celui des situations particulières ; les auteurs

postulent deux niveaux de déroulement de l'activité :

— Un niveau inconscient.

Il s'agit d'activités automatisées qui sont guidées et contrôlées par des organisateurs de l'action. Ces activités ne nécessitent plus la mobilisation de représentations, bien que la construction des organisateurs ait pu le nécessiter.

— Un niveau conscient.

À ce niveau, l'activité est contrôlée par des représentations.

Les représentations et les organisateurs de l'action sont mobilisés ici de façon « circonstancielle » pour le traitement de la situation.

D'après Richard (1990), il suffit que la situation change pour que les représentations soient modifiées, et, une fois la tâche terminée, elles sont remplacées par d'autres. À ce titre, elles sont précaires.

Elles sont certes circonstancielle, mais les représentations, comme les organisateurs de l'activité, sont issus d'éléments « plus stables et plus structurés » de niveaux supérieurs (représentations pour l'action ou représentations modèles des situations, par exemple).

Les éléments issus de niveaux supérieurs ont ici une double fonction :

— ils sont des outils mobilisés par le sujet pour réaliser l'activité productive (accomplir une tâche) ;

— ils sont des objets du point de vue des activités constructives — activités qui permettent au sujet de faire évoluer ses propres compétences par l'« enrichissement de ses représentations, de la conceptualisation des situations et des organisateurs de l'action ».

• Le deuxième niveau est celui des classes de situations qui sont construites par le sujet sur la base de deux processus non exclusifs :

— Le premier processus conduit à construire des classes à partir des connaissances qui portent sur les objets : leurs propriétés, leurs relations, les traitements que l'on peut réaliser sur ces objets...

Par exemple, dans le cadre des activités réalisées par les agents électriciens d'EDF, on peut repérer une classe de situations correspondant aux câbles enterrés : les câbles sur lesquels on peut travailler même en présence de tension (ensemble de traitements que l'on peut réaliser) . Il s'agit des câbles « armés », protégés par un feuillard en acier (propriété des câbles).

— Le second processus conduit à construire des classes en se fondant sur les « invariants de l'action : ce sont les invariants construits ou observés ». Par exemple pour des agents d'EDF, la règle «faire le maximum hors tension et le minimum sous tension» s'applique à toutes les situations dans lesquelles un électricien doit réaliser un branchement chez un particulier dans un immeuble, puisqu'il est impossible de mettre tout l'immeuble hors tension.

Il s'agit de critères de classification des situations par le sujet. Ces deux processus ne sont pas exclusifs, et dans de nombreux cas le critère de classification peut être fondé sur les connaissances que le sujet a des objets et sur les organisateurs de l'activité.

- Le troisième niveau est celui des domaines d'activités qui sont constitués par « l'ensemble des classes de situations qui font appel à la fois à un ensemble d'activités caractéristiques et éventuellement aux objets, outils et tâches. Il peut être décrit à des niveaux variables ». Par exemple, la maintenance des systèmes électriques et la maintenance des systèmes électromécaniques sont des domaines d'activités voisins qui intègrent tous les deux des connaissances sur l'électricité, le risque qu'elle représente, les moyens de s'en protéger, qui peuvent avoir des outils identiques (multimètre, VAT¹⁷). Ils se différencient, par exemple, du point de vue des caractéristiques des tâches, des objets, des connaissances techniques et des situations.

1.2.2.2. L'axe des représentations et des concepts

- Les « représentations pour l'action » ou « représentations modèles » sont des représentations « fonctionnelles » au sens de Leplat (1985) dans la mesure où elles permettent un certain schématisme de la réalité en n'en retenant que les traits pertinents pour l'action. Les auteurs considèrent qu'elles « désignent les caractéristiques invariantes (entités, relations, traits, informations, actions) pertinentes pour le traitement d'une classe de situations » et qu'elles « structurent les représentations des objets » et de leurs relations.

Par exemple, on peut faire l'hypothèse que des électriciens disposent d'une représentation modèle d'une armoire électrique. Elle concerne alors les différents éléments d'une armoire — source électrique (les barres), disjoncteurs, câbles (alimentant un dispositif X)... — mais également les relations entre ces différents éléments : câblage entre les barres, le dispositif X qu'elles alimentent et le disjoncteur Y qui protège le dispositif X, et aussi l'ordre dans lequel ces différents éléments doivent être reliés.

Cette représentation modèle d'une armoire permettra de générer une représentation circonstancielle dans une situation particulière — par exemple pour réaliser le câblage d'une armoire avant sa mise en service.

Mais les représentations modèles ne concernent pas uniquement des représentations portant sur les objets : elles sont sous-tendues par des connaissances opérationnelles, telles que définies par Samurçay et Rogalski (1993) ou Rogalski *et al.* (à paraître) : elles peuvent concerner des connaissances de ses propres compétences, ou de son fonctionnement cognitif

¹⁷ Vérificateur d'absence de tension. Nous conserverons ce sigle pour différencier l'outil et l'opération de vérification d'absence de tension.

en général (Amalberti, 1996), des connaissances sur les processus de travail (Boreham *et al.* à paraître), des connaissances pour utiliser les outils cognitifs opératifs (Rogalski, Samurçay, 1993), des règles de métier (Cru, 1995)...

• Par rapport aux représentations modèles, les concepts pragmatiques désignent des invariants conceptuels pertinents pour traiter des classes de situations.

Ils s'appuient sur les variables essentielles du système (à contrôler, conduire, transformer...). Ils peuvent comporter deux éléments :

— Des variables observables, ou mesurables : concernant la conduite d'une presse à injecter, « dans le cas du bourrage, c'est le mouvement présent ou absent de la partie mobile de la machine, au début de la phase statique, au moment où le moule est théoriquement rempli » (Pastré, 1999 b, p. 19).

— Une dimension abstraite du concept : « dans le cas du bourrage, l'état d'équilibre ou de déséquilibre entre deux pressions » (*op. cit.*).

Les concepts pragmatiques occupent une place centrale dans le réseau des variables du système. Ainsi, quand on dresse le graphe de fluence pour établir les relations de causalité, ils sont au cœur du graphe. Samurçay et Pastré (1995) en fournissent des exemples pour la conduite de presses à injecter et pour la conduite de hauts-fourneaux. Si les concepts pragmatiques peuvent être connus d'opérateurs peu expérimentés, le réseau de relations construit ne permet que le diagnostic de certaines situations. Chez des opérateurs plus expérimentés, le réseau est plus étendu et le diagnostic devient plus précis. Les concepts pragmatiques permettent de traiter des situations connues mais aussi des situations plus complexes et des situations nouvelles pour l'opérateur.

Nous reprenons un exemple de développement d'un concept pragmatique (l'état thermique) dans le domaine de la conduite de hauts-fourneaux (*op. cit.*, p. 20). En fonction de l'expérience des opérateurs, les auteurs montrent le développement des relations entre les variables du système et le concept pragmatique d'état thermique :

— « Dans un premier temps, l'état thermique est confondu avec la variable "température de fonte", son évaluation étant faite uniquement par les valeurs prises par cette variable (trop chaud, pas assez chaud).

— Dans un deuxième temps, une variable calculée (WU) est associée à cette évaluation, ce qui permet d'envisager le cas d'un HF insuffisamment chaud, alors même que la température de fonte est élevée, mais à cause de la valeur de WU.

— Dans une troisième étape, mais uniquement chez les opérateurs expérimentés, des indicateurs chimiques sont associés à cette évaluation, ce qui la rend plus fine : par exemple, la composition chimique des liquides permet d'inférer plus finement les causes et les conséquences liées aux températures. »

Les concepts pragmatiques fonctionnent comme des invariants opératoires, tels que définis

par Vergnaud (*op. cit.*), et peuvent être rapprochés des concepts-en-acte. Toutefois, contrairement à ces derniers, les concepts pragmatiques sont verbalisables par les sujets : ils peuvent être montrés (notamment en désignant les variables observables), enseignés.

Au cours du développement, les concepts pragmatiques s'inscrivent au cœur d'un réseau de concepts, qui devient plus étendu. On peut concevoir ce développement comme une encapsulation, selon Botshuizen *et al.* (1995). En effet, certaines formations conduisent d'abord à l'acquisition de connaissances théoriques et techniques puis confrontent les sujets à des situations dans lesquelles ils doivent les mettre en œuvre. C'est le cas par exemple de la formation des médecins, observée par Botshuizen *et al.*, ou de certains opérateurs de conduite de centrales nucléaires (Samurçay, 2000 ; Pastré, 1999 b, c, e). D'après ces auteurs, la réalisation de l'activité conduit à une restructuration des connaissances : les connaissances sont restructurées, le réseau de leurs relations est étendu et articulé aux variables du domaine. Toutefois, alors que Botshuizen *et al.* mettent uniquement l'accent sur la réalisation de l'activité, Samurçay et Pastré soulignent le rôle des activités réflexives dans ce développement et mettent en évidence l'élaboration des concepts pragmatiques, qui s'inscrivent au cœur des réseaux de concepts.

1.2.2.3. L'axe des instruments

Les instruments sont ici considérés comme des entités mixtes, c'est-à-dire composés des schèmes d'utilisation du sujet et d'un artefact (Rabardel, 1995). Celui-ci peut être un objet technique (Galinier, 1997, Duvenci-Langa, 1997, par exemple) ou un objet non matériel, telles les règles de sécurité (Vidal-Gomel *et al.*, 1998). Nous reviendrons sur ce point.

Les schèmes d'utilisation sont composés de deux sortes de schèmes : les schèmes d'usage et les schèmes d'action instrumentée. Rabardel (1995, p. 113) définit les schèmes d'usage comme relatifs aux tâches « secondes » : « gestion des caractéristiques et propriétés particulières de l'artefact ». Les schèmes d'action instrumentée relèvent des tâches « premières » : ils sont un moyen d'action tourné vers l'objet de l'activité. Ils incorporent les schèmes d'usage et constituent une totalité « dont la signification est donnée par l'acte global ayant pour but d'opérer des transformations sur l'objet de l'activité » (*op. cit.*, p. 114).

La constitution de ses instruments par le sujet relève d'un processus de genèse instrumentale qui concerne aussi bien l'artefact — instrumentalisation — que le sujet — instrumentation. Ces deux dimensions sont, à la fois, conjointes et distinctes. Rabardel (*op. cit.*) considère en effet que « l'un d'eux peut être plus développé, dominant, voire le seul mis en œuvre ».

- L'instrumentalisation est un processus de découverte des propriétés et d'attribution de nouvelles fonctions à l'artefact. La catachrèse en est une trace visible : l'attribution par

l'opérateur d'une fonction non prévue par le concepteur. La transformation de l'artefact est également une trace d'instrumentalisation.

L'instrumentalisation peut être locale et liée aux caractéristiques d'une situation spécifique. Lefort (1982) note par exemple que la non-proximité d'un outil, son indisponibilité favorisent les catachrèses. L'instrumentalisation peut aussi être plus durable, voire permanente : la fonction attribuée à l'artefact sera mobilisée en fonction des caractéristiques d'une classe de situations et de l'objet de l'activité de l'opérateur.

- L'instrumentation concerne l'évolution des schèmes du sujet : accommodation des schèmes de l'opérateur — les schèmes changent de signification —, assimilation d'un nouvel artefact aux schèmes — l'artefact acquiert une nouvelle signification (Galinier, 1997). Si l'on considère les schèmes initiaux du sujet, comme le fait Galinier (*op. cit.*), un double processus d'évolution des schèmes peut être inféré :

- filiation : les schèmes initiaux sont adaptés à la nouvelle situation ;
- rupture : constitution de nouveaux schèmes.

Les instruments des opérateurs sont aussi des instruments sémiqes (Cuny, 1981). Les entités sémiqes sont définies comme tout signe (il s'agit de signes non verbaux et définis au sens large) ayant comme caractéristique d'établir une relation entre «un élément de saisie perceptive (dit aussi élément manifeste) et un élément d'orientation cognitive (dit aussi élément de renvoi), le signifié » (p. 7). L'auteur considère qu'une entité sémiqe est un outil quand elle est utilisée « de façon relativement constante dans le travail » et que l'on peut déterminer ses modes de fabrication et d'emploi (*op. cit.*). Ces outils sont constitués d'entités qui relèvent du signal, du symbole ou du signe :

- Un signal est défini du point de vue de « la dépendance situationnelle », c'est-à-dire que son institution et son utilisation « empruntent directement leurs éléments à une situation concrète dans laquelle se déroule l'action que ce signal sert » (Cuny, 1981, p. 263). L'auteur note que le signifiant peut être directement sélectionné dans l'environnement ou spécialement conçu, comme par exemple un outil de mesure — qui par ailleurs peut également relever du signe et du symbole.

- Contrairement au signal, un signe est défini par l'institution systématique du signifiant et du signifié. Son existence comme unité singulière est plus relative que celle du signal ou du symbole. On parle plutôt de signes ou de systèmes de signes (*op. cit.* p. 80-81). L'auteur donne comme exemple le système numérique décimal.

- L'institution d'un symbole nécessite l'intervention humaine pour coder, chiffrer. Ainsi, en reprenant l'exemple précédent, l'auteur précise que le système numérique décimal peut

symboliser différentes valeurs de paramètres mesurés.

1.2.2.4. L'axe des organisateurs de l'activité

Les organisateurs de l'activité sont des schèmes : organisation invariante de la conduite. Ils peuvent être exprimés sous la forme de règles, de procédures ou de stratégies invariantes pour une classe de situations. Au niveau du domaine d'activité, il peut s'agir de méthodes qui organisent l'activité en assurant une démarche systématique de recherche de solution. Elles sont des outils particulièrement efficaces quand il n'existe pas une solution unique mais des solutions optimales, comme dans les domaines de la conception, de la programmation informatique ou de la gestion de crise. Dans ce dernier cas, il s'agit de la méthode de raisonnement tactique (Rogalski, 1995 b) qui organise la répartition des tâches au sein du collectif de travail et constitue un outil d'aide à la prise d'informations, au diagnostic et à la prise de décisions, pour les officiers de la sécurité civile.

Les organisateurs de l'activité peuvent être élaborés par les opérateurs eux-mêmes ou être inscrits dans l'histoire d'une communauté professionnelle, d'une collectivité, comme le sont en général les méthodes. Dans ce second cas, objet externe pour les opérateurs, règles, procédures, stratégies ou méthodes doivent être intériorisées pour devenir de véritables organisateurs de l'activité.

Compety constitue donc un cadre intégrateur des différentes dimensions des compétences et de leurs articulations. Il permet de guider l'analyse de l'activité pour inférer les compétences mises en œuvre, mais il nous permet également de proposer un point de vue sur les règles de sécurité, abordées dans le cadre des activités avec instruments.

1.3. POINT DE VUE SUR LES RÈGLES DE SÉCURITÉ

Dans le chapitre 1, nous avons défini les règles de sécurité comme des principes opératifs conçus pour permettre d'éviter la production d'un accident (Leplat, 1998). Elles constituent des aides dans le traitement des situations à risque.

À l'issue de l'examen de la littérature concernant le rapport aux règles de sécurité, nous avons retenu les points suivants :

— Les violations sont des écarts intentionnels à la norme que représentent les règles de sécurité. Elles se différencient des erreurs.

— Le rapport aux règles de sécurité ne se résume pas à leur violation ou à leur application.

D'une part, les règles de sécurité doivent être interprétées (Davezies, 1993 ; Mayen, Savoyant, 1999, par exemple) et il est nécessaire d'établir un diagnostic de leur adéquation à la situation (de Terssac, 1992). Leur utilité pour gérer les risques est d'ailleurs jugée par les opérateurs (Gaudart, Weill-Fassin, 1999 ; Mayen, Savoyant, 1999).

Elles ne sont donc pas appliquées ou violées. Nous considérerons qu'elles sont utilisées par les opérateurs en fonction de leurs caractéristiques et de celles des situations. Elles sont des ressources fournies aux opérateurs pour gérer des risques (Valot *et al.*, 1995, par exemple). Il s'agit de moyens externes qu'il doit s'approprier.

Nous proposons de les aborder dans le cadre des activités avec instruments (Rabardel, 1995). Ainsi, on peut les considérer comme des artefacts mis à la disposition des opérateurs. Ce cadre permet d'interpréter des utilisations différenciées des règles : respect systématique, contextuel et développement de nouveaux usages des règles, comme le note Dodier (1996). Ce cadre fournit une interprétation de leur constitution comme instrument par l'opérateur : la genèse instrumentale.

D'autre part, les opérateurs disposent également de savoir-faire de prudence, de pratiques informelles de sécurité, qui complètent les règles (Rousseau, Monteau, 1991 ; Cru, 1995), ou s'y substituent. Il semble alors que les opérateurs élaborent un ensemble de moyens qui pourraient assurer des fonctions de sécurité complémentaires, comme les savoir-faire de prudence, ou identiques, du point de vue du sujet ; ce qui pourrait expliquer les substitutions.

Le cadre des activités avec instruments permet de les considérer non pas isolément les uns des autres, mais comme formant un système. L'ensemble des moyens dont disposent les opérateurs pour gérer les risques et leurs relations peut alors être pris en compte.

Les systèmes d'instruments (Lefort, 1982 ; Rabardel, 1995) constituent un ensemble structuré en fonction de l'expérience de l'opérateur et composé, à la fois, d'instruments formels — comme les règles de sécurité —, dont l'utilisation est formelle ou non, et d'instruments informels, comme les savoir-faire de prudence.

« 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, *op. cit.*, 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 (catachrèses), et que de nouveaux instruments (informels) sont élaborés.

Cet ensemble permet la redondance des fonctions et une plus grande souplesse dans l'utilisation, avec un objectif d'équilibre entre économie et efficacité (Lefort, *op. cit.* ; Rabardel, *op. cit.*). L'opérateur peut jouer sur la redondance des fonctions en mobilisant deux instruments pour un même objet de l'activité. Par exemple, Cuny (1981) observe que des repères pris dans l'environnement peuvent être privilégiés pour la conduite de navires, les outils de navigation étant dans ce cas utilisés pour offrir une information redondante. L'auteur (*op. cit.*, p. 236) relève les propos d'un opérateur :

« Dès qu'on peut, **l'œil reprend le dessus** et se permet de prendre une bouée qui défile par une tache sur la falaise. Vous comprenez, **on se fait son petit alignement et on s'y fie, confirmé par le Syledis**¹⁸. »

L'opérateur peut également remplacer une règle de sécurité par un instrument informel, plus économique et/ou plus adapté aux caractéristiques des situations, ou encore remplissant un plus grand nombre de fonctions, comme le montre Lefort (1978) pour des artefacts matériels.

Cette approche permet donc de dépasser le simple cadre de la violation, de ne considérer les règles de sécurité qu'isolément les unes des autres sans prendre en compte l'ensemble des moyens dont disposent les opérateurs pour gérer les risques. C'est l'ensemble des moyens et des fonctions qu'ils remplissent par rapport aux caractéristiques des situations qui nous semble devoir être privilégié. De tels rapports aux règles se constituent au travers de l'expérience. Ainsi Mayen et Savoyant (*op. cit.*, p. 90) mettent en évidence plusieurs étapes de la genèse d'une relation aux règles de sécurité :

- « — respect de la règle par absence de doute ;
- remise en cause de la règle au profit de la référence à ses propres perceptions, à son propre raisonnement, à sa propre capacité d'initiative (et revendiquant une part de liberté individuelle) ;
- respect de la règle : reconnue et réinventée dans sa nécessité logique, et certitude du bien-fondé de son action ;

¹⁸ Outil de mesure qui permet de connaître une position directionnelle.

— discussion de la règle après l'action, éventuellement pour la remettre en cause et participer à son évolution. »

D'après Mayen et Savoyant (*op. cit.*), l'évolution du rapport aux règles de sécurité serait dépendante de l'intégration de la nécessité des fonctions des règles pour gérer les risques et relèverait de la conceptualisation du domaine d'activités.

Ainsi, la constitution des règles de sécurité comme instruments, le développement d'un système d'instruments seraient articulés à cette conceptualisation.

Pour synthétiser, nous retenons du courant du traitement de l'information symbolique le rôle actif du sujet dans l'apprentissage et, à partir des travaux d'Anderson (1983, 1987), la nécessité de l'action pour l'apprentissage et la notion d'encapsulation.

L'analyse de l'activité en situation est nécessaire à l'identification des compétences. Dans la lignée de la théorie des champs conceptuels de Vergnaud (1991) et des travaux sur les représentations pour l'action (Weill-Fassinia *et al.*, 1993), le modèle cadre Compety (Rabardel, Samurçay, 1995 ; Samurçay, Rabardel, à paraître) permet, à partir de l'activité dans une situation particulière, de faire des inférences sur différentes dimensions des compétences, de considérer les règles de sécurité, les pratiques informelles de sécurité et le savoir-faire de prudence du point de vue des systèmes d'instruments (Lefort, 1982 ; Rabardel, 1995) élaborés par les opérateurs.

2. COMMENT L'OPÉRATEUR GÈRE-T-IL LES RISQUES ?

Plusieurs types de modèles cherchent à rendre compte de la gestion des risques externes par l'opérateur. Parmi ces modèles, on peut différencier ceux qui concernent l'analyse subjective du risque (Näätänen, Sumala, 1976 ; Wilde, 1976, 1998; Fuller, 1984) et ceux qui concernent le contrôle du danger¹⁹ (Surry, 1969, in Hale, Glendon 1987 ; Hale, Hale 1970 ; Hale, Glendon, 1987).

Nous retenons le modèle de Hale et Glendon (1987). D'une part, il intègre le risque subjectif. D'autre part, il prend en compte les notions de croissance et de décroissance du danger en fonction de l'activité de l'opérateur, issues du modèle de Surry (*op. cit.*), ainsi que les cycles de régulation introduits par Hale et Hale (*op. cit.*). Enfin, il adopte la structure générale du modèle de Rasmussen (1986) et permet une analyse des erreurs telle que la propose Reason (1993), bien que ce ne soit pas le point qui nous intéresse ici.

Nous retenons également le modèle d'Amalberti (1996), qui présente l'intérêt de souligner la gestion des risques internes par l'opérateur, point de vue absent des modèles précédents.

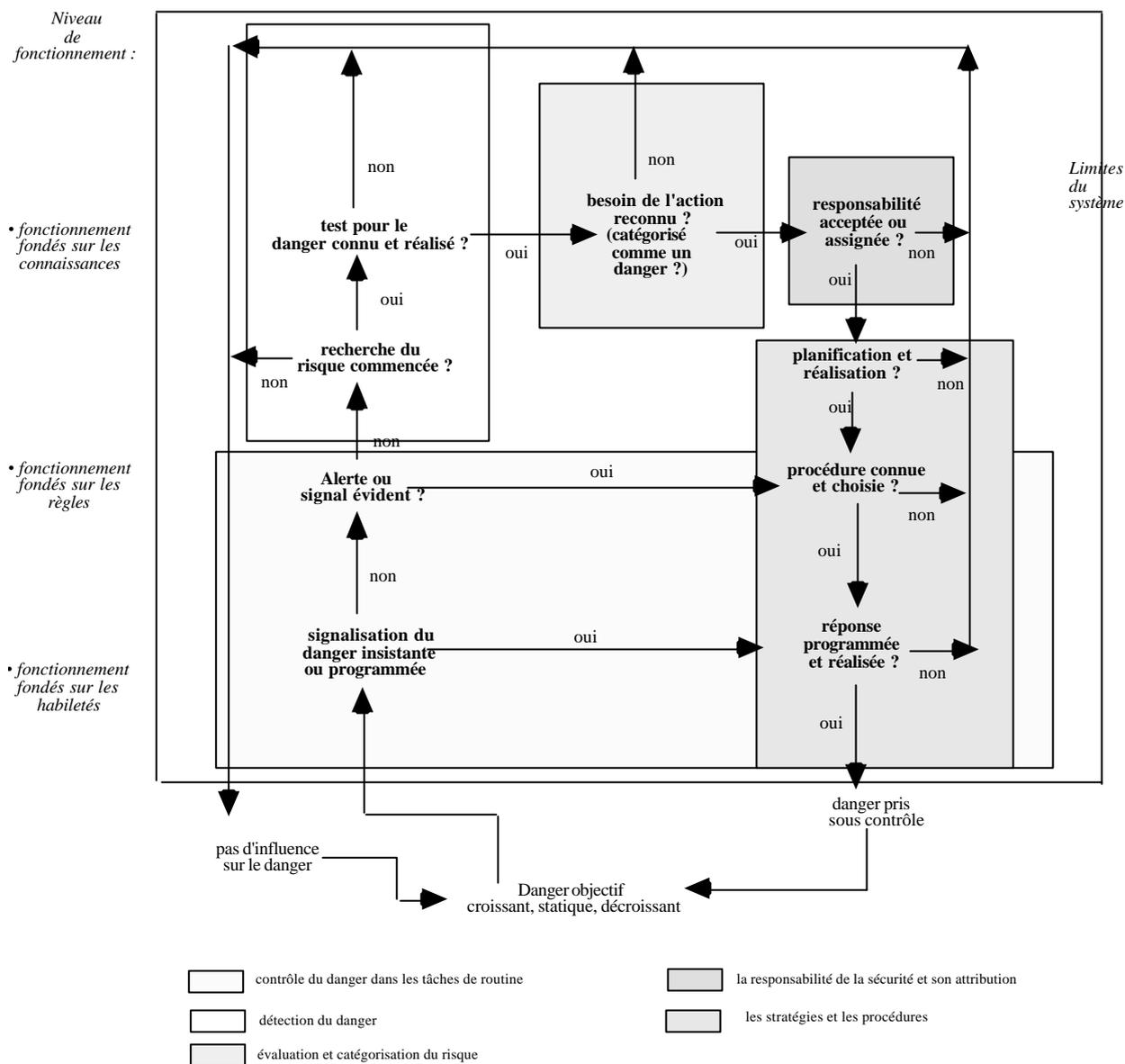
¹⁹ De la Garza, Weill-Fassinia, *non publié*, « Facteurs humains et sécurité au travail : évolution des conceptions du rôle de l'opérateur dans la maîtrise des risques ».

2.1. LE COMPORTEMENT FACE AU DANGER

Nous avons défini la gestion des risques comme leur identification et leur traitement par l'opérateur. Elle est donc intégrée au contrôle du danger. En effet, de la même façon que Leplat (1995), Hale et Glendon (1987) considèrent que le danger est présent dans toute situation, le risque étant défini comme l'actualisation d'un danger (Leplat, *op. cit.*).

Hale et Glendon (*op. cit.*) découpent le contrôle du danger en cinq parties : le contrôle du danger dans les tâches de routine, la détection du danger, l'évaluation et la catégorisation des risques, la responsabilité de la sécurité et les stratégies et procédures (schéma 3, page suivante).

Schéma 3 : Le modèle du comportement face au danger



D'après Hale et Glendon (1987)

1. Le contrôle du danger dans les tâches de routine

Dans les tâches de routine, le contrôle du danger est réalisé sur la base des règles ou des habiletés. Le contrôle est lié à la signalisation et à la perception du danger et aux réponses mises en œuvre.

La phase contrôle du danger dans les tâches de routine permet de rendre compte de la mise en œuvre d'une procédure non pertinente, ou d'une séquence d'actions qui n'est pas correctement réalisée. Cela permet d'analyser la pertinence de la procédure mise en œuvre et l'exécution de la séquence d'actions.

2. La détection du danger

La détection du danger est réalisée à partir des connaissances ou des règles. Les auteurs considèrent qu'elle se produit dans trois cas :

— Le sujet détecte une déviation dans une tâche de routine : lors de la réalisation d'une séquence d'actions automatisées, le sujet détecte une déviation en passant à un niveau de contrôle conscient.

— Le sujet est alerté de l'existence d'un danger lors d'une inspection formelle (réalisée par un inspecteur du travail, le CHSCT...) ou de façon informelle par un autre opérateur, par exemple.

— Le danger est détecté dès la phase de conception du système. Dans le cas contraire, des erreurs latentes (Reason, 1993) peuvent être inscrites dans le système.

3. Évaluation et catégorisation des risques

C'est une phase de diagnostic (elle comprend également les activités de pronostic) : le sujet détermine l'origine et les conséquences du danger repéré (évaluation de la gravité), ce qui lui permet de définir le besoin d'intervention pour le contrôler ou non. D'après les auteurs, c'est lors de cette phase qu'interviennent les aspects subjectifs du jugement des sujets.

4. La responsabilité de la sécurité

Il s'agit de définir qui intervient, qui il faut prévenir... La responsabilité de la sécurité repose sur les connaissances dont disposent les opérateurs sur les procédures à mettre en œuvre dans un type de situations, sur les connaissances de l'organisation du travail.

5. Les stratégies et les procédures

À ce stade, le danger a été détecté et reconnu comme suffisamment important pour nécessiter une intervention, la responsabilité du traitement du danger a été acceptée. Il s'agit alors de décider «quoi faire», de choisir une procédure, de planifier les actions et de les exécuter.

D'après Hale et Glendon, le choix des actions à entreprendre dépend : du diagnostic réalisé

concernant la nature du problème — ce diagnostic est fondé sur le modèle mental que s'est forgé l'opérateur —, des connaissances dont il dispose, de sa capacité à résoudre des problèmes, et de ses motivations qui affectent le choix des actions.

Le modèle de Hale et Glendon (*op. cit.*) nous permet de caractériser les différentes phases de contrôle du danger. De ce fait, il peut constituer un cadre d'analyse de la tâche. Toutefois, il ne peut être utilisé seul pour identifier les différents niveaux de compétences mobilisées par les opérateurs.

En effet, une même erreur peut résulter de niveaux variés de compétences, comme le montrent les exemples présentés par Samurçay et Pastré (1995).

Ainsi, par exemple, dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques, la mise hors tension par action sur un disjoncteur peut échouer sans que l'opérateur identifie l'échec, parce qu'il ne se représente pas l'existence d'erreurs latentes de branchement ou parce que les moyens d'identification des erreurs latentes de branchement qu'il a développés sont insuffisants pour cette identification. Le modèle de Hale et Glendon permet d'identifier la phase de contrôle du danger qui a échoué : ici la détection du danger. En revanche, il ne permet pas d'aller au-delà du constat de la représentation ou non d'erreurs latentes de branchement.

Il est donc nécessaire de disposer d'un cadre d'analyse nous permettant de faire des inférences sur les différentes dimensions des compétences mobilisées par les opérateurs à partir de l'activité dans la situation. Le cadre d'analyse Compety, présenté précédemment, nous paraît plus approprié de ce point de vue.

2.2. LE MODÈLE DE LA COGNITION DYNAMIQUE

Les opérateurs gèrent non seulement des risques externes mais aussi des risques internes (Amalberti, 1996), point de vue absent du modèle de Hale et Glendon (1987). Les risques internes sont essentiellement liés aux capacités limitées de l'être humain, qui peuvent avoir pour conséquences la perte du contrôle de la situation et l'échec, qui représente un risque au regard de soi-même, mais également au regard des autres.

L'opérateur doit alors réaliser son travail avec un coût cognitif acceptable, étant donné les limites de ses ressources, ce qui le conduit à prendre des risques. Ils relèvent de la réduction de la complexité, de l'anticipation, de l'économie des ressources ; premier niveau du modèle, qui concerne le risque accepté. En même temps, l'opérateur dispose de défenses en profondeur qui lui permettent de contrôler les risques internes et externes acceptés ; ce qui constitue le second niveau du modèle.

Nous aborderons trois points : la prise de risque initiale, les défenses en profondeur et le réglage du compromis cognitif.

- La prise de risque initiale

Les ressources étant limitées, il ne s'agit pas de tout comprendre, mais d'accepter de ne pas comprendre ou de comprendre au minimum. Il s'agit de comprendre sans dépasser les ressources disponibles. La schématisation du réel est une solution, mais elle comporte un risque : le réduire excessivement.

Avec le développement des compétences, l'opérateur fonctionne davantage au niveau des routines, ce qui est économique en ressources, mais la conséquence en est la production d'erreurs, dont la grande majorité est récupérée ou délaissée, nous reviendrons sur ce point. Par ailleurs, l'automatisation, la routinisation permet de libérer des ressources pour pouvoir, par exemple, traiter des tâches en parallèle, élever le niveau d'abstraction quand il y a incompréhension, changer de point de vue. Mais élever le niveau d'abstraction comporte des risques : épuisement des ressources, prise de retard sur l'évolution de la situation. Dans des environnements dynamiques, les opérateurs peuvent alors perdre la maîtrise de la situation .

- Les défenses en profondeur

Parmi les composantes des défenses en profondeur pour accepter le risque de départ, l'expérience est une variable clé. Avec l'expérience, de nouvelles compétences sont développées et l'opérateur est en mesure d'automatiser certains comportements, ce qui libère des ressources et facilite la résolution des problèmes qu'il rencontre.

Les métaconnaissances sont également un élément fondamental. Elles se développent avec l'expérience. Elles permettent d'accepter des risques que l'opérateur sait potentiellement maîtriser. Elles jouent donc sur la prise de risque initiale. Par exemple, on accepte le risque d'un événement non prévu quand on sait qu'il est maîtrisable. De façon complémentaire, elles interviennent pour éviter les situations que l'on ne sait pas maîtriser.

Le niveau de performance de l'opérateur est ainsi réglé par ses métaconnaissances, et il se préserve une marge de manœuvre de façon à récupérer des erreurs. Ce domaine de performances a des limites. Quand l'opérateur s'en approche, il peut détecter des signaux. Par exemple, le temps de récupération des erreurs est plus long quand il atteint ses niveaux de performance les plus élevés. À l'inverse, quand le niveau est trop bas, le nombre d'erreurs augmente.

La confiance, en soi et dans le système, dépend de l'expérience, des métaconnaissances, de la connaissance de régularités. Elle permet le choix de solutions efficaces, peu coûteuses, tant pour les contrôles nécessaires que pour le coût cognitif.

L'évolution de la confiance en soi est décrite en trois phases (Amalberti, *op. cit.*) :

— Phase initiale de défense : l'opérateur novice n'est pas sûr de ses compétences et il dispose d'un éventail réduit de règles d'actions.

— Phase exploratoire d'acquisition de la confiance : disposant de conduites plus automatisées, l'opérateur peut libérer des ressources pour l'exploration et acquérir ainsi de

nouvelles connaissances. Sur une période plus ou moins longue dépendant du domaine professionnel, l'opérateur acquiert le sentiment de disposer de suffisamment de connaissances pour maîtriser les tâches courantes. Il atteint « un niveau global » de confiance.

— Phase de rétractation ou de préférence : l'opérateur est en mesure d'atteindre un niveau de performance plus élevé en fonctionnant davantage sur ses automatismes. Sa confiance résulte alors de sa capacité à gérer ses propres ressources. Il peut jouer sur toute une gamme de compromis cognitifs à partir d'un noyau de compétences, ce qui lui permet flexibilité et adaptation au contexte.

Lee et Moray (1994) décrivent également l'évolution de la confiance dans les automatismes en trois phases :

— La foi : il s'agit d'une croyance, favorable ou défavorable, dans le fonctionnement des automatismes qui n'est pas fondée sur l'utilisation de l'automatisme en question.

— L'explication : dans ses interactions avec le système, l'opérateur repère des règles de fonctionnement des automatismes.

— L'expérience : dans cette dernière phase, l'opérateur accède à une évaluation de la fiabilité du système.

La confiance dans les automatismes évolue donc avec l'expérience de leur utilisation. La confiance n'est d'ailleurs pas installée une fois pour toutes. Dans l'expérimentation de Lee et Moray (*op. cit.*), elle décroît dès que des pannes apparaissent, et semble décroître plus vite qu'elle ne se réinstalle. Dans ces termes, elle peut être analysée en la mettant en rapport à une genèse instrumentale (Rabardel, 1995) : l'opérateur découvre des propriétés qui vont l'amener à avoir plus ou moins confiance dans le fonctionnement de l'artefact, en fonction des objectifs qu'il se fixe.

D'après Amalberti (1996), l'opérateur dispose également de protections portant sur l'exécution. Il s'agit essentiellement de la protection contre ses propres erreurs : l'opérateur récupère 80 % de ses erreurs, les erreurs de routine étant les mieux détectées (Rizzo *et al.*, 1994). Plusieurs types de stratégies de détection-récupération des erreurs sont observées :

— Une erreur est détectée quand le résultat n'est pas conforme aux attentes.

— L'opérateur peut juger a posteriori curieuse la façon dont il a élaboré la solution ou dont il a exécuté une série d'actions.

— Il peut procéder à une série de vérifications de routine.

— À un moment donné du traitement, il peut douter de ses intentions initiales.

Dans les situations dynamiques, il est impossible de retourner à un état antérieur. Une fois l'erreur détectée, l'opérateur doit en maîtriser les conséquences en revenant à un état normal ou stabilisé du système.

Toutes les erreurs détectées ne sont pas traitées : 50 % sont délaissées. L'opérateur laisse

faire le temps pour réduire les conséquences négatives ou diffère le traitement de l'erreur pour se centrer sur des opérations plus urgentes.

Ces protections concernent également des heuristiques permettant de ne pas se laisser dépasser par l'évolution de la situation : privilégier les tâches qui doivent être traitées rapidement, étaler le traitement des incompréhensions dans le temps.

- Enfin, le réglage du compromis cognitif dépend aussi de la charge de travail, du stress, de la fatigue. Il s'agit de « l'émergence cognitive » du sentiment pour l'opérateur qu'il atteint les limites de ses ressources, qu'il perd le contrôle de la situation ou va le perdre, que sa performance n'est plus optimale... Ce qui va conduire à réélaborer des compromis.

L'intérêt de ce modèle est de mettre l'accent sur des dimensions des compétences pour gérer les risques qui sont « délaissées » par les modèles de gestion des risques externes. Il s'agit principalement des métaconnaissances — savoir quel risque on est en mesure de gérer, quelles situations doivent être évitées parce qu'on ne les maîtrise pas suffisamment, quels sont les indicateurs de ses propres modes de fonctionnement (sur- et sous-utilisation de ses ressources) —, d'établir des priorités entre les différentes tâches, les différentes incompréhensions, de développer des moyens de protection contre ses propres erreurs.

Mais ce modèle montre également qu'un compromis cognitif plus efficace nécessite de disposer d'éléments « préconstruits » pour agir, que l'on peut réinterpréter comme des organisations invariantes de l'activité, des instruments. Il nécessite également la schématisation du réel, tournée vers la compréhension pour l'action.

Ce sont ces dimensions des compétences qui nous intéressent, plus particulièrement leur implication dans la gestion des risques externes, et leur mode de développement par le sujet. La gestion des risques internes n'est pas absente de notre propos, mais il se centre essentiellement sur ces éléments préconstruits, qui sont aussi déterminants pour la gestion des risques internes.

3. QUELLES FORMATIONS POUR LA GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS ?

Concernant la gestion des risques professionnels, la formation est un levier d'action qui peut prendre en compte différents publics. La formation peut être destinée à différents acteurs des entreprises qui sont impliqués dans la transformation et/ou la conception des situations de travail ou encore aux opérateurs eux-mêmes. Une seconde question porte sur les types de formation que l'on peut proposer aux opérateurs : formation par tutorat ou simulation, par exemple.

Bien qu'ils ne traitent pas directement de la gestion des risques professionnels par l'opérateur, différents travaux issus de la didactique professionnelle et de l'ergonomie de tradition francophone fournissent des pistes de réflexion qui nous paraissent pertinentes pour favoriser le développement des compétences impliquées dans la gestion des risques par l'opérateur.

3.1. QUI FORMER À LA GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS ?

Plusieurs types de travaux se sont intéressés à la formation de publics variés autour de la question de gestion des risques professionnels : les professionnels de la santé et de la sécurité, les représentants du personnel et les syndicalistes, les « fonctionnels » impliqués dans la conception des situations de travail, enfin les opérateurs eux-mêmes.

3.1.1. Les professionnels de la santé et de la sécurité au travail

Hormis les opérateurs eux-mêmes, les acteurs concernés par la gestion des risques professionnels par les opérateurs de « première ligne » sont, en premier lieu, les professionnels de la santé et de la sécurité au travail. Il est donc normal qu'un intérêt particulier leur soit porté, comme en témoigne un numéro spécial de la revue *Safety science* (Verbeek, Kroon, 1995).

À l'échelle européenne, ces professionnels ont des cursus et des domaines de compétences divers (Hale, 1995). Il s'agit en effet aussi bien d'ergonomes, d'hygiénistes, de spécialistes de l'organisation du travail que des infirmières...

Leur formation reste problématique. Par exemple, Saari (1995) souligne que si les préventeurs sont en général des experts des risques professionnels, leur formation doit aussi les aider à devenir des experts du travail, notamment pour mieux prendre en compte les différents facteurs qui produisent des « déviations » au regard du prescrit et peuvent conduire à la production d'un accident.

L'ergonomie de tradition francophone apporte une réponse en faisant de l'analyse du travail

la pierre angulaire de la formation. L'analyse du travail est en effet aussi bien un outil pour élaborer des formations, qu'un objet de formation dont les formés peuvent se saisir. Elle devient un outil. La formation ne concerne alors pas uniquement les professionnels de la santé et de la sécurité, mais différents acteurs impliqués dans la transformation et/ou la conception des situations de travail : les représentants du personnel, différents « fonctionnels » concepteurs des situations de travail, les opérateurs.

3.1.2. Les représentants du personnels (membres du CHSCT) et les syndicalistes

L'objectif de la formation à l'analyse ergonomique du travail des représentants du personnel (membres de CHSCT²⁰) et des syndicalistes est de faire de cette analyse « un outil de l'action collective visant à protéger ou promouvoir la santé des travailleurs » (Teiger, 1996, p. 119). Cela passe par la transformation des représentations des participants sur leur propre travail. Par contre-coup, leurs représentations de la fonction de délégué CHSCT est également transformée (Teiger, 1993). Notamment, la tendance de ces délégués est de s'appuyer uniquement sur les normes et la réglementation en matière de prévention des atteintes à la santé (Teiger, Laville, 1991, Davidson, 1989). L'enjeu est alors la construction de représentations élargies au champ des conditions de travail et du système de travail dans son ensemble.

3.1.3. Différents « fonctionnels », concepteurs des situations de travail

La fonction de différents acteurs dans les entreprises les conduit à participer à la conception ou à la modification de situations de travail. Ils peuvent également être formés à l'analyse ergonomique du travail. Il s'agit par exemple d'ingénieurs, d'architectes... L'objectif de la formation est ici que la conception et la transformation des situations de travail intègre mieux les caractéristiques de l'activité et de l'opérateur, ce qui participe également à la protection et la promotion de la santé au travail.

Montreuil (1995, 1996) présente une synthèse de différentes formations de ce type et en souligne des effets : la formation à l'analyse du travail crée une dynamique qui permet de mieux comprendre les différents points de vue sur le travail ; elle permet de mieux intégrer les effets des transformations des situations de travail sur la santé, la sécurité, la production, d'éclairer les enjeux des compromis entre santé, sécurité et production par exemple.

La formation de ces différents acteurs a un réel intérêt dans la mesure où la transformation et la conception des situations de travail a un effet direct sur les risques que l'opérateur doit

²⁰ Comité d'hygiène de sécurité et des conditions de travail.

gérer au quotidien et sur les marges de manoeuvre dont il dispose pour cette gestion.

En général, les opérateurs sont eux-mêmes absents de telles sphères de décision, et peu outillés pour y participer. L'intérêt de l'ergonomie est d'ailleurs de les réintégrer et de faire en sorte que leur point de vue sur le travail soit pris en compte dans ces décisions, notamment en constituant des groupes de travail, lors d'une intervention ergonomique de correction ou de conception (Daniellou, 1992, par exemple).

L'un des axes d'une politique de prévention s'appuyant sur la formation des opérateurs peut consister également à les outiller et à tenter de les réintégrer dans ces processus de décision.

3.1.4. Les opérateurs

Un premier axe d'une politique de prévention des risques professionnels peut être de former les opérateurs eux-mêmes à l'analyse ergonomique du travail afin qu'ils deviennent des « acteurs ergonomiques » (Lang, 2000). Le but n'est pas alors directement le développement de compétences pour gérer les risques professionnels. Les acteurs ergonomiques ont plutôt une fonction d'alerte des instances concernées (CHSCT, par exemple), ce qui signifie qu'ils sont en mesure d'identifier un problème touchant notamment au risque. Ils ont éventuellement pour fonction de proposer des solutions, bien que cette fonction soit plus limitée, étant donné qu'ils n'ont pas les compétences d'un ergonome professionnel (Lang, *op. cit.*).

Les travaux de Chatigny et Vézina (1995) concernent plus directement le développement de compétences pour la gestion de sa santé par l'opérateur. Il ne s'agit pas ici de risques d'atteintes immédiates, comme dans le cas d'un accident, mais d'atteintes dont les conséquences se révèlent à plus long terme : des maladies professionnelles. Dans leur étude sur la découpe de porcs dans un abattoir, les auteurs identifient un lien entre des troubles musculo-squelettiques et les compétences requises pour affiler les couteaux. La formation proposée repose sur une analyse du travail, et particulièrement de l'affilage, en s'appuyant sur des opérateurs experts. L'analyse du travail est ici un outil de l'ergonome pour élaborer une formation visant le développement de compétences pour aiguïser les couteaux. Le développement de ces compétences n'est pas la seule solution envisagée pour traiter le problème de santé en question. Il s'agit également de modifications de l'organisation du travail, de l'amélioration des outils mis à disposition des opérateurs.

L'élaboration de cette formation s'appuie donc en partie sur les compétences professionnelles d'opérateurs experts, qui sont mises en forme pour être transmises au sein de la collectivité de travail.

De ce point de vue, l'approche proposée par Mhamdi (1998) présente des similitudes. L'auteur s'est intéressé à une pratique mise en place dans certains centres EDF, concernant une population d'électriciens. Elle consiste à filmer, en situation réelle, la réalisation d'une opération délicate ou la mise en oeuvre d'une nouvelle méthode de travail. Le film est ensuite projeté à un groupe d'opérateurs en présence de l'encadrement de proximité, et il donne lieu à

des échanges entre les professionnels présents. L'auteur nomme « ARCAV²¹ » de telles pratiques. Il montre qu'elles constituent un outil de prise de conscience. Le travail devient un objet de réflexion et d'analyse. La discussion permet de « prendre conscience des spécificités de chacun, à travers ses expériences personnelles », et celles des autres opérateurs présents (p. 169). Les ARCAV permettent une construction collective « de pratiques, de savoir-faire, de savoir-faire de prudence » (p. 170). Elles favorisent la transformation de la représentation des participants et elles ont également permis d'élaborer de nouveaux outils de travail, plus largement d'élaborer des solutions aux différents problèmes qui ont été identifiés. Elles participent donc à la gestion des risques professionnels. Dans ce cadre, la vidéo joue un rôle médiateur entre les agents, entre leurs expériences respectives. Elle est un outil de « mise à distance » de l'activité de travail qui favorise l'explicitation de l'activité, la discussion et la production de représentations partagées. Les ARCAV sont donc un lieu d'échange avec les membres de la collectivité de travail, qui favorise la réflexivité et la construction commune. Si l'on reprend les termes de Vygotski (1934/1997), elles sont un lieu d'apprentissage médié par autrui et par la vidéo. Ce qui favorise, notamment, le développement des compétences impliquées dans la gestion des risques.

Les travaux de Mhamdi (1998) soulignent, d'une part, que le développement des compétences peut s'appuyer sur la collectivité professionnelle, d'autre part, que la vidéo est un médiateur de l'apprentissage. Élément que l'on retrouve dans les travaux de Six-Touchard (1999).

Contrairement à Mhamdi (*op. cit.*), dans le travail de Six-Touchard, l'analyse de l'activité est guidée par l'ergonome. Elle est un outil pour la formation par alternance, qui concerne aussi bien le tuteur du stage que le stagiaire. Cet outil repose sur l'observation d'une vidéo de l'activité de travail. L'analyse est guidée par l'ergonome à partir d'un questionnaire de type maïeutique, développé notamment par Teiger et Laville (1989) lors de formations de représentants du personnel. Ce questionnaire porte sur les faits, les relations entre les faits, en les resituant dans le temps et l'espace. Le questionnaire concerne l'activité et ses conséquences (Teiger, 1993). Il « découle du souci d'établir la valeur de cohérence du discours avec la réalité sur laquelle il s'agit d'agir » (*op. cit.*, p. 326), l'auteur soulignant que cette position constitue un apport de l'ergonomie de langue française.

L'apport de Six-Touchard (*op. cit.*) ne se limite pas à l'usage de la vidéo et du questionnaire pour guider l'auto-analyse. L'auteur montre que l'analyse du travail devient un véritable instrument, au sens de Rabardel (1995), notamment pour le tuteur, qui lui permet de prendre conscience de ses propres compétences professionnelles et ainsi de transformer ses compétences tutorales. Un enrichissement du contenu des interactions, un renforcement du guidage réflexif de l'apprenti sur ses actions sont observés.

²¹ Activité de réflexion collective assistée par vidéo.

L'apport de l'ergonomie concerne donc l'outillage des acteurs de la formation : l'analyse de l'activité devient un outil pour le développement des compétences. Il peut être utilisé en simulation à la fois par le formé et par l'instructeur dans la phase de debriefing, mais il peut également être utile à l'instructeur durant la réalisation de l'activité par le formé. La vidéo peut servir de support pour disposer de traces de l'activité. Son utilisation peut être complétée par un questionnement de type maïeutique. Si la vidéo permet la « mise à distance » de l'activité, ce type de questionnement semble pertinent pour favoriser les activités réflexives des formés. Durant la phase de debriefing, le formateur guide l'auto-analyse du travail par le formé (Pastré, 1999 e). La formation à l'analyse du travail et au questionnement de type maïeutique permettraient de formaliser les pratiques déjà développées par les formateurs.

Enfin les travaux de Mhamdi soulignent l'intérêt de la réflexion collective et le rôle de la collectivité dans le développement des compétences. On peut y ajouter que cet échange sur les pratiques peut également conduire à un questionnement sur des violations des règles de sécurité, qui sont parfois inévitables (Dejours, 1996). À partir des travaux de Caroly et Scheller (1999), on peut ajouter que l'absence d'échanges au sein de la collectivité de travail ne permet pas la transmission de connaissances sur la façon dont doivent être utilisées les règles ; ce qui peut avoir des effets sur la santé, notamment sur la genèse de l'inaptitude en ce qui concerne l'étude de ces auteurs. Ainsi, la mise en place de cette réflexion collective a un intérêt non seulement pour gérer des risques dont la conséquence est immédiate (accident), mais également pour favoriser et protéger la santé au travail à plus long terme.

3.2. QUELS TYPES DE FORMATION À LA GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS ?

Plusieurs types de formation peuvent être proposés aux opérateurs : formations alternant cours et stages en entreprise, ou encore formations utilisant la simulation, par exemple. Nous centrerons cette présentation sur les situations de simulation à visée didactique, étant donné les avantages qu'elles offrent comparativement à l'apprentissage par alternance, nous détaillerons ce point.

Les situations de simulation sont des situations adidactiques²², au sens de Brousseau (1988), c'est-à-dire qu'elles sont des situations conçues pour l'apprentissage qui permettent la réalisation de l'activité. Dans ce cadre, il est nécessaire de s'interroger sur les dimensions des situations de travail qui doivent être «transposées» dans les situations de simulation. Ce questionnement concerne au préalable les compétences dont le développement est visé et les « situations de référence » : «la classe des situations de travail, qui dans le processus de formation sont la cible du développement des compétences» (Samurçay, Rogalski, 1998, p. 336).

Les situations de référence doivent être « transposées » dans des situations de simulation. La transposition dépend de contraintes techniques, notamment de conception du simulateur, de contraintes liées au dispositif de formation lui-même, par exemple le temps disponible, des choix didactiques, notamment le choix de transposer le réel dans toute sa complexité ou de le décomposer pour permettre un apprentissage progressif.

Samurçay et Rogalski (1998) différencient trois types de décomposition :

- Le découplage : la situation de simulation ne reprend qu'un sous-système ; on supprime, ou on limite, les interactions avec les autres sous-systèmes.
- Le découpage : on se centre sur certaines dimensions des situations de référence : « les objets de l'action, les tâches, les systèmes d'acteurs » (p. 343).
- La focalisation : les interventions du formateur sont focalisées sur une dimension particulière de la relation sujet-situation. Par exemple, les activités collectives dans le cas du pilotage d'avion.

Le questionnement sur les dimensions des situations de travail qui doivent être transposées aux situations de formation doit aussi prendre en compte les contraintes du formateur dans la gestion des situations didactiques. Ainsi, la conception de situations de formation comportant des risques professionnels doit prendre en compte la possibilité de leur gestion par le formateur. Il doit pouvoir identifier un risque à temps, et il doit pouvoir mettre en œuvre une activité de récupération avant qu'un dommage soit causé au matériel utilisé dans la simulation et aux différents acteurs de la simulation, d'autant que sa responsabilité est engagée, au sens

²² Voir § 1.1. de ce chapitre.

juridique du terme. L'élaboration des situations de formation doit prendre en compte l'activité non seulement du formé, mais également du formateur. Par ailleurs, si l'objectif de la formation est le développement des compétences pour gérer ces risques, la question de l'intervention du formateur par rapport à l'activité de gestion des risques du formé devient cruciale, comme le relève Rousseau (1998) : si les erreurs peuvent jouer un rôle important dans l'apprentissage, jusqu'où le formateur peut-il laisser l'activité de l'apprenant se dérouler sans intervention ?

La situation de simulation fonctionne comme un médiateur entre le sujet et la situation de référence, pour développer des compétences en vue de la maîtrise de cette dernière (Samurçay, Rogalski, 1998). Les acquisitions du formé résultent de la réalisation de l'activité et de la médiation du formateur. Pastré (1997) utilise le terme d'« apprentissage pendant » et distingue deux autres phases :

- L'apprentissage « avant » (briefing) : il comporte une phase d'appropriation des connaissances opérationnelles (Rogalski, Samurçay, 1993 ; Rogalski *et al.*, à paraître), nécessaires pour réaliser la tâche qui leur sera proposée. Cette phase concerne également la présentation de la consigne, des précisions sur l'activité attendue (Samurçay, Rogalski, 1998).

- L'apprentissage « après » (debriefing) : une fois la tâche de simulation réalisée, à partir des traces disponibles de l'activité, le formateur guide l'auto-analyse du travail par le formé. La médiation de l'instructeur favorise la réflexivité sur l'activité et permet la conceptualisation (Pastré, 1999 e).

La didactique professionnelle met l'accent sur la phase de debriefing dans laquelle les activités réflexives du formé sont sollicitées. L'un des avantages de la simulation est de ne pas se réduire à une juxtaposition des phases d'apprentissage avant et pendant, comparativement à certaines formations par alternance qui juxtaposent cours théoriques et stages en entreprise (Pastré, 1997).

La simulation offre plusieurs autres avantages :

- D'abord, elle permet une décomposition du réel de façon à permettre un apprentissage progressif.

- Elle met entre parenthèses l'« effet de réel » (Pastré, 1999 e). L'apprentissage par observation du résultat de l'action est l'une des caractéristiques de l'apprentissage par la réalisation de l'activité. La simulation offre la possibilité de réaliser des « actes risqués », tant pour le système technique — tester ses limites, par exemple —, que pour l'environnement — l'arrêt d'urgence, voire pire, pour la conduite d'une centrale nucléaire par exemple —, ou pour soi-même ; ce qui est impossible en situation réelle.

- Elle permet de jouer sur le temps (*op. cit.*) : en stoppant le système, en le ralentissant, en permettant de rejouer une opération, une phase. Il s'agit de rejouer, mais également d'intégrer les interventions du formateur au moment où l'on rejoue.

- Enfin, contrairement à la formation par alternance, la simulation constitue un lieu extérieur au conflit entre apprentissage et production (*op. cit.*).

Pour résumer, d'une part, l'identification de situations de référence et leur transposition en situation de simulation peuvent être utilisées pour élaborer des simulations à visée didactique, mais également pour la recherche²³. D'autre part, la simulation semble être un moyen privilégié pour favoriser le développement des compétences. Identifier les différentes étapes de ce développement au cours de la vie professionnelle permet de préciser le contenu des formations, à la fois pour des opérateurs en formation initiale et pour des opérateurs plus expérimentés, éventuellement en fonction de leur champ d'expérience : domaine d'activités dans lequel ils ont acquis leur expérience.

L'ergonomie de tradition francophone s'intéressant à la formation fournit des outils complémentaires pour élaborer des dispositifs de formation.

4. SYNTHÈSE

Dans ce chapitre, nous avons, d'une part, présenté différents modèles de développement des compétences et de gestion des risques professionnels.

À partir de l'activité en situation, Compety (Rabardel, Samurçay, 1995 ; Samurçay, Rabardel, à paraître) permet de faire des inférences sur les différentes dimensions des compétences mobilisées. Il permet également d'aborder le rapport aux règles de sécurité du point de vue d'un système d'instruments constitué par l'opérateur.

Le modèle de Hale et Glendon (1987) permet de différencier des étapes de gestion des risques externes et peut constituer un outil d'analyse de la tâche. L'intérêt du modèle d'Amalberti (1996) est de souligner que la gestion des risques résulte d'un compromis permanent intégrant des risques externes, mais également internes.

D'autre part, la didactique professionnelle et l'ergonomie de tradition francophone apportent des éléments sur l'élaboration de formations favorisant le développement de ces compétences. Les situations de simulation en sont un moyen privilégié. Il s'agit alors d'identifier les situations de référence qui doivent être transposées dans des situations de simulation afin de favoriser le développement des compétences. Différents temps de déroulement des simulations, qui participent au développement des compétences de l'opérateur, ont été différenciés. L'ergonomie fournit des outils, qui peuvent concerner les différents acteurs des simulations, et qui favorisent le développement des compétences. Le développement implique la médiation d'autrui, celle du formateur, mais également de la collectivité professionnelle.

Identifier différentes étapes du développement des compétences devrait permettre de mieux préciser le contenu de formations s'adressant aussi bien à des opérateurs en formation initiale qu'à des opérateurs plus expérimentés, avec l'objectif de favoriser le développement des compétences pour la gestion des risques.

²³ Nous reprendrons ce dernier point au chapitre 5.

Notre recherche dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques, devrait contribuer à cette identification. Dans le chapitre suivant, nous aborderons les compétences requises pour la gestion des risques professionnels dans ce domaine.

PARTIE II

COMPETENCES POUR GERER LES RISQUES PROFESSIONNELS DANS LE DOMAINE DE LA MAINTENANCE DES SYSTEMES ELECTRIQUES

Cette partie présente une première approche des compétences pour la gestion des risques dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques. D'une part, nous présenterons une analyse de la tâche de maintenance des systèmes électriques, à partir de la littérature, en nous centrant sur la gestion des risques. D'autre part, des accidents et incidents sont analysés. Ces premières analyses nous permettent d'identifier une tâche critique pour la maintenance des systèmes électriques — la mise hors tension —, et d'élaborer des hypothèses sur les différentes dimensions des compétences qu'elle requiert.

Cette deuxième partie est composée de deux chapitres :

- Chapitre 3 : La maintenance des systèmes électriques.
- Chapitre 4 : Compétences critiques pour la maintenance des systèmes électriques.

CHAPITRE 3

LA MAINTENANCE DES SYSTEMES ELECTRIQUES

Ce chapitre a pour objectif d'analyser la tâche de maintenance des systèmes électriques à partir de la littérature, pour mieux cerner les compétences requises.

Nous présenterons au préalable des caractéristiques générales de la maintenance, puis une analyse plus détaillée de la maintenance des systèmes électriques. Nous insisterons plus particulièrement sur le diagnostic de panne, tâche principale de la maintenance.

1. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES TÂCHES DE MAINTENANCE

Généralement, la maintenance est considérée comme « la combinaison de toutes les actions techniques et les actions administratives correspondantes, y compris les opérations de surveillance et de contrôle, destinées à maintenir ou à remettre une entité dans un état lui permettant d'accomplir une fonction requises » (Villemur, 1988). S'appuyant sur Villemur (*op. cit.*), De la Garza (1995 a) différencie quatre types de maintenance : maintenance préventive, maintenance corrective, maintenance différée et maintenance à échelle majeure. Nous ne retenons ici que la maintenance préventive et la maintenance corrective, qui nous intéressent ici plus particulièrement.

La maintenance préventive est effectuée « à intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'une entité » (Villemur, *op. cit.*).

La maintenance corrective est effectuée après la détection d'une panne ou d'un dysfonctionnement, avec comme objectif de remettre en état une entité de façon à ce qu'elle remplisse ses fonctions. Elle est caractéristique des activités de dépannage. Elle peut consister soit à intervenir en urgence pour réparer une installation, soit à réaliser une intervention dont on est prévenu longtemps à l'avance.

Dans le premier cas, l'opérateur dispose d'un certain nombre d'informations plus ou moins fiables sur le ou les symptômes identifiés, ce qui ne lui permet pas toujours d'élaborer une représentation préalable suffisante de la situation. Par exemple, un opérateur travaillant en astreinte, dont nous analyserons l'accident, précise : « On ne sait jamais sur quoi on tombe. »

Dans le second cas, les travaux sont préparés, planifiés antérieurement, parfois plusieurs mois à l'avance. Plusieurs auteurs (De la Garza, 1995 a ; Chesnais, Vidal, 1995, par exemple) relèvent que lors de la réalisation du chantier la gestion de différents aléas conduit à modifier le plan préétabli ; ce qui peut contribuer à constituer des situations accidentogènes.

Les situations que nous analyserons relèvent majoritairement du premier cas.

Par ailleurs, les activités de maintenance sont des activités critiques pour la fiabilité des systèmes (Reason, 1997). Par exemple, les activités des électriciens peuvent mettre en cause la sécurité des circulations ferroviaires, comme le montre De la Garza (1999) à propos de la SNCF. Elles sont en interaction avec les activités de production (Grussenmeyer, 2000) et, du fait de nouvelles organisations du travail, le partage des tâches entre maintenance et production n'est pas toujours clair : les opérateurs de production peuvent être chargés de réaliser des tâches de maintenance de premier niveau (Grussenmeyer, *op. cit.*). Il peut s'agir de réenclencher un disjoncteur, par exemple. Dans ce cas, l'opérateur ayant peu ou pas de connaissances dans le domaine ne recherche pas la cause du dysfonctionnement ayant produit

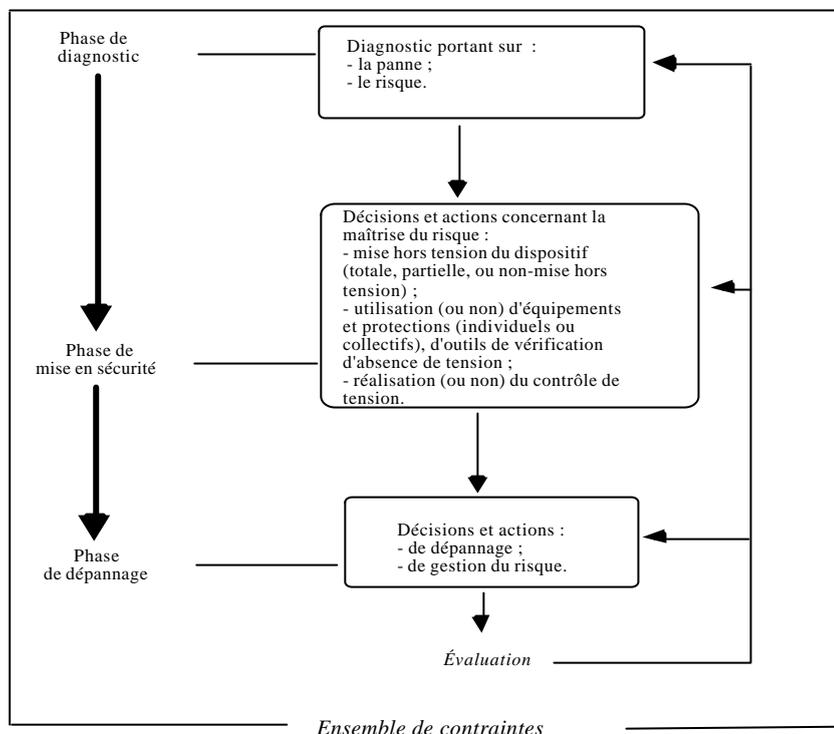
le déclenchement du disjoncteur, ce qui peut avoir des conséquences pour les interventions ultérieures. De la même façon, le recours à des entreprises sous-traitantes, parfois sans que le service de maintenance de l'entreprise donneur d'ordre soit informé, a des conséquences pour les opérateurs de maintenance qui connaissent moins bien l'historique des pannes et des transformations des dispositifs.

• 2. ANALYSE DÉTAILLÉE DE LA TÂCHE DE MAINTENANCE DES SYSTÈMES ÉLECTRIQUES

La tâche de maintenance des systèmes électriques peut être schématiquement découpée en trois phases (schéma 4) :

- phase de diagnostic : l'opérateur identifie les causes de la panne et le risque ;
- phase de mise en sécurité : en fonction du diagnostic et des contraintes, l'opérateur décide de la mise hors tension (totale, partielle, nulle), du port des équipements et protections individuels, de la mise en place d'équipements de protection collectifs, de l'utilisation des outils, et il met en œuvre ses décisions ;
- phase de dépannage : en fonction du type de mise hors tension réalisé, l'opérateur peut effectuer le dépannage sans aucun risque électrique ou en devant les prendre en compte. Par exemple, une mise hors tension partielle peut conduire à travailler à proximité d'éléments restés sous tension.

Schéma 4 : La tâche de maintenance des systèmes électriques



Le déroulement des différentes phases n'est pas linéaire. Les phases peuvent s'intercaler. Par exemple, une fois que l'opérateur a décidé une mise hors tension partielle ou totale, il identifie l'organe de coupure sur lequel il doit agir (phase de diagnostic), et il coupe (phase de mise en sécurité). Il doit ensuite contrôler la mise hors tension effective du dispositif ; ce qui implique à nouveau la mise en œuvre d'une activité de diagnostic : le dispositif peut en effet être ou non hors tension, par exemple du fait d'une erreur d'identification de l'organe de coupure.

2.1. LA PHASE DE DIAGNOSTIC

Les activités de diagnostic sont définies comme des activités de compréhension des situations ayant comme objectif l'élaboration de décisions d'action (Hoc, Amalberti, 1994 ; 1995 ; 1998).

L'analyse des activités de diagnostic a donné lieu à de nombreux travaux, qui concernent différents domaines, comme la conduite de processus dynamiques (Hoc, Amalberti, *op. cit.*, par exemple) ou le diagnostic de panne (Rasmussen, 1984 ; 1986, par exemple), avec des objectifs variés comme la formation (par exemple, Patrick, 1989 ; 1993 ; Munley, Patrick, 1997 ; Morris, Rouse, 1985), ou l'élaboration de dispositifs d'aide (Konradt, 1995 ;

Rasmussen, *op. cit.*).

Nous nous intéresserons plus spécifiquement au diagnostic de panne que Morris et Rouse (1985) schématisent comme l'identification et la localisation de la panne et la réparation ou le remplacement du composant défectueux.

Ces auteurs (*op. cit.*) proposent une synthèse des travaux dans le domaine du diagnostic de panne dont nous retiendrons les dimensions des compétences requises suivantes :

- Pour identifier l'élément défectueux, les opérateurs doivent effectuer des tests. Plus précisément, ils doivent être en mesure d'identifier le ou les tests qui fournissent l'information pertinente, de sélectionner les points sur lesquels ils doivent être effectués, de sélectionner et d'utiliser les outils appropriés et de faire des inférences à partir du résultat de chaque test.

La mise en œuvre de ces différentes dimensions et le type de connaissances mobilisé pour les réaliser caractérisent une stratégie de diagnostic. Différents types de stratégies de diagnostic ont été différenciés :

- La typologie des stratégies de diagnostic proposée par Rasmussen (1984 ; 1986) est sans doute celle qui a donné lieu à un plus grand nombre de travaux — par exemple, Konradt (1995) et Patrick (1989 ; 1993) reprennent, pour partie, des éléments de la typologie de Rasmussen. L'auteur différencie les stratégies en fonction des types de connaissances sur lesquels elles s'appuient — connaissances sur le fonctionnement normal ou non — et en fonction des types d'informations prélevées — sur la structure ou les fonctions du dispositif :

1. Les stratégies topographiques sont caractérisées par la mise en œuvre de connaissances sur le fonctionnement normal du système pour localiser puis identifier la panne. La recherche consiste à décomposer le système en sous-systèmes. L'opérateur dispose d'une « carte topographique » qui, à partir de tests, lui permet de centrer sa recherche sur certaines parties du système et, de proche en proche, en suivant les flux, d'identifier l'élément défectueux. Quand la recherche est uniquement guidée par la structure du système, il s'agit de stratégies purement topographiques. Les stratégies fonctionnelles sont plus abstraites. Dans ce cas, les mises en relation concernent d'abord les fonctions remplies par le système. Elles peuvent orienter la recherche topographique en permettant d'identifier plus rapidement l'élément défectueux.

2. Les stratégies symptomatiques s'appuient sur des connaissances du fonctionnement anormal du système. Elles ne peuvent être mises en œuvre que si l'opérateur dispose d'un répertoire de configurations de symptômes. Rasmussen (*op. cit.*) distingue trois types de stratégies symptomatiques :

- La reconnaissance de configuration.

L'opérateur établit son diagnostic à partir de la reconnaissance d'un ensemble familier de symptômes. Les informations sur le symptôme sont appariées à un schéma connu, ce qui

permet de produire le diagnostic et la décision d'action. À partir des travaux de Reason (1993), Hoc *et al.* (1995) précisent que l'appariement peut être réalisé sur la base de la similarité (*similarity matching*) ou de la fréquence (*frequency gambling*). D'après Hoc *et al.*, quand la panne est rare, un schéma peut également être sélectionné sur la base de la représentativité ou de la disponibilité, définies par Kahneman et Tsversy (1988, par exemple).

— La recherche dans une table de décision.

Il s'agit d'une recherche probabiliste. Elle est guidée par l'estimation de la fréquence des relations symptômes-causes. La table de décision peut être vue comme une matrice d'association. Ce type de recherche peut être décrit dans un cadre bayésien, ce qui permet une représentation des probabilités d'associations entre symptômes et syndromes (Hoc *et al.*, *op. cit.*).

— La recherche par hypothèses et tests.

Les connaissances sur les configurations de symptômes guident la prise d'information et le test d'hypothèse. Ce type de stratégie est sujet aux biais de confirmation : les opérateurs prennent alors plutôt les informations qui confirment leurs hypothèses que celles qui les infirment (Hoc *et al.*, *op. cit.*).

Konradt (1995) étend la typologie de Rasmussen (*op. cit.*) et différencie seize stratégies différentes. Elles sont regroupées en stratégies topographiques, symptomatiques et stratégies fondées sur les cas connus²⁴. Ces dernières concernent :

— soit des tests réalisés en fonction des pannes les plus fréquentes : elles sont fondées sur la fréquence ;

— soit des tests basés sur « l'information historique²⁵ » : la panne est similaire à une panne précédente, ou l'opérateur connaît les pannes caractéristiques d'un type de dispositif ;

— soit des tests pour éliminer le plus grand nombre de pannes, stratégie fondée sur l'incertitude²⁶.

• L'un des résultats des travaux de Rasmussen (*op. cit.*) est de montrer que les stratégies topographiques, plutôt mises en œuvre par les novices, permettent de réaliser un diagnostic avec des connaissances minimales du domaine. Or, d'après Patrick (1993 ; Munley, Patrick, 1997), les stratégies topographiques sont insuffisamment définies par Rasmussen.

Patrick différencie les stratégies en fonction du type d'information utilisé et du type de processus psychologique impliqué, de la façon suivante :

Les types d'informations :

— l'information structurelle,

²⁴ Konradt (*op. cit.*) les nomme « case-based ».

²⁵ « Historical information » (Konradt, *op. cit.*).

²⁶ « Information uncertainty » (Konradt, *op. cit.*).

- les valeurs et les relations entre les variables du système,
- la fréquence des pannes,
- les informations fonctionnelles sur les relations entre les fonctions du système, des sous-systèmes,
- le « tempo » des transformations du système ou d'un symptôme.

Les types de processus psychologiques :

- appariement de patterns,
- application de règles, d'heuristiques,
- raisonnements quantitatifs, qualitatifs.

Ainsi, dix-huit stratégies de diagnostic sont différenciées (Patrick, *op. cit.*). Par exemple, l'opérateur peut mettre en œuvre une stratégie symptomatique en utilisant des informations fonctionnelles ou structurelles, ou des heuristiques en mettant en relations des variables du système.

Ces travaux conduisent à redéfinir l'information structurelle. Selon, Patrick tout domaine de recherche de panne peut être représenté comme un réseau hiérarchisé de systèmes, sous-systèmes et composants, en fonction des flux (masse, énergie, informations...). Tout système peut être décrit comme composé de différents sous-systèmes — électrique, hydraulique... — ayant leurs caractéristiques propres (Patrick, *op. cit.*). Et il note que les informations structurelles offrent l'avantage de permettre le suivi de la propagation des symptômes au sein du réseau, pour une panne précise. Ainsi, Munley et Patrick (1997) montrent que la formation à une stratégie structurale fondée sur les flux est efficace pour élaborer un diagnostic à partir d'une configuration de symptômes nouveaux pour l'opérateur, dans trois situations de transfert qui lui sont plus ou moins familières. Mais, contrairement à des tâches décontextualisées réalisées en laboratoire — telles que celles qui sont utilisées par Rouse (1979), Johnson et Rouse (1982) ou Morrisson et Duncan (1988), par exemple —, l'information structurelle n'est pas donnée d'emblée et doit être identifiée par l'opérateur. Et elle n'est pas suffisante en soi pour élaborer un diagnostic. Les opérateurs doivent également mobiliser des connaissances du domaine (Patrick, 1993 ; Munley, Patrick, 1997). La schématisation du dispositif en terme de flux doit être articulée aux connaissances du domaine.

• Parmi ces connaissances du domaine, celles qui portent sur l'électricité sont déterminantes dans le domaine de maintenance qui nous intéresse. Elles interviennent aussi bien dans le diagnostic de panne que dans la gestion des risques par l'opérateur. De nombreux auteurs ont montré que l'électricité était schématisée comme un flux. Il s'agit majoritairement de recherches dans le domaine de la didactique de la physique, dont les sujets sont des enfants ou des étudiants, et dont les tâches ne concernent que des circuits réduits en général à une pile ou deux et à des ampoules (Closet, 1989 ; Johsua, Dupin, 1993 ; Lascours, Calmette, 1998),

alors que dans le domaine professionnel les réseaux électriques sont hiérarchisés et plus complexes. Peu de travaux portent sur le courant alternatif²⁷ (Lascours, Calmette, *op. cit.* ; Nguyen-Xuan *et al.*, 1992 ; Caillot *et al.*, 1993 ; 1995).

Les travaux de Caillot et Nguyen-Xuan (Nguyen-Xuan *et al.*, 1992 ; Caillot *et al.*, 1993 ; 1995) portent sur des adultes, et pour partie sur le courant alternatif. Les sujets en question sont des opérateurs d'EDF qui ont reçu une formation à l'électricité de quinze jours, dans un objectif de reclassement. Interrogés sur différentes situations, utilisation d'un tournevis testeur, contact accidentel entre une phase et une masse, peu de sujets se révèlent capables de fournir les explications pertinentes. Par exemple, ils ne sont pas en mesure d'expliquer toutes les conséquences d'un contact accidentel entre une phase et les parties métalliques d'une machine à laver, non reliée à la terre²⁸. Les caractéristiques des liaisons à la terre sont mal intégrées, comme le sont les notions de résistance ou de clôture des circuits.

L'intérêt de ces travaux est de souligner qu'une représentation de l'électricité en terme de flux sans intégrer les propriétés de l'électricité (résistance, par exemple) et des réseaux électriques (caractéristiques des liaisons à la terre, par exemple) n'est pas suffisante, comme le souligne également Patrick (*op. cit.*) dans des termes plus génériques. Si nous nous attendons à ce que des électriciens se représentent l'électricité comme un flux, il nous paraît peu probable que les caractéristiques de l'électricité soient aussi mal connues, notamment étant donné le nombre de situations accidentelles que cela pourrait engendrer.

- Les stratégies de diagnostic intègrent des connaissances du domaine qui sont des connaissances techniques, par exemple, mais également des concepts pragmatiques, développés dans et pour l'action. Les travaux de Pastré et de Samurçay (Samurçay, Pastré, 1995 ; Pastré, 1994 ; 1997 ; 1999 b ; Samurçay, 2000), réalisés dans différents domaines comme la conduite de hauts-fourneaux, de centrales nucléaires ou de presses à injecter, montrent que les concepts pragmatiques permettent d'établir des relations entre les variables observables des processus, qu'ils guident la prise des informations pertinentes et sont associés au développement des règles d'action des opérateurs. Ce dernier point peut être rapproché des résultats de Konradt (1995) : les experts verbalisent davantage de stratégies de diagnostic et ils mettent en œuvre aussi bien des stratégies topographiques et symptomatiques que fondées sur les cas connus, alors que les novices disposent plutôt uniquement de stratégies topographiques.

Les concepts pragmatiques sont impliqués dans l'activité de diagnostic. Ils permettent de disposer de stratégies de diagnostic d'ensemble, par opposition à des stratégies pas à pas

²⁷ Les activités de maintenance que nous examinons ne concerne que le courant alternatif.

²⁸ Les différents régimes de neutre et de liaison à la terre sont présentés dans les annexes sur l'électricité.

(Pastré, 1997 ; 1999 b). Avec le développement des relations entre les différentes variables observables, mesurées ou calculées et les concepts pragmatiques, le diagnostic de l'opérateur devient plus précis et permet de traiter des situations plus complexes.

Leur développement constitue donc une dimension importante des compétences des opérateurs.

Mais ce développement ne signifie pas que l'opérateur fonctionne systématiquement au niveau le plus conceptuel. Les opérateurs peuvent fonctionner au niveau des automatismes, des règles ou des connaissances (Rasmussen, *op. cit.*). L'automatisation est une réponse aux ressources limitées des capacités cognitives humaines, et l'une des caractéristiques de l'expertise est de réguler la charge de travail en privilégiant un fonctionnement sur les habitudes (Amalberti, 1996).

- Le diagnostic des opérateurs peut être affecté par la confiance qu'ils ont dans le dispositif. Les travaux de Lee et Moray (1994) se centrent plus particulièrement sur la confiance dans les automatismes. Ceux-ci ne concernent encore que très peu ou pas la maintenance des systèmes électriques. Dans ce domaine, la confiance résulte aussi, et peut-être surtout, de la représentation de la qualité des interventions des autres : par exemple, ceux qui ont « monté » l'armoire électrique, et ceux qui ont modifié ses branchements. À partir des travaux de Circourel (1994), on peut faire l'hypothèse que le statut des opérateurs réalisant ces opérations est une variable importante de la confiance.

Dans le domaine médical hospitalier, Circourel observe que les opérateurs attribuent d'abord des connaissances aux autres en fonction de leur place dans l'organisation formelle du travail. Cette attribution se modifie quand ces personnes sont confrontées à un problème, en fonction de leur capacité à le résoudre. La confiance qui leur est attribuée résulte alors à la fois de la place occupée dans la hiérarchie et de la capacité à résoudre un problème.

Dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques, il n'est pas rare que l'opérateur ne sache pas qui est intervenu sur le système. Parfois, il ne sait pas qu'une intervention a eu lieu. Sa confiance ne peut donc pas résulter des compétences qu'il attribue à un autre opérateur en l'observant en train de travailler. On peut faire l'hypothèse que la confiance dans la qualité du travail de l'autre résulte du statut d'électricien. L'électricien serait censé connaître et mettre en œuvre les règles de l'art. Par analogie avec l'évolution de la confiance dans les automatismes (Lee, Moray, 1994) ou de la confiance en soi (Amalberti, 1996), dans un premier temps, l'opérateur pourrait avoir « foi » dans la qualité du travail d'un électricien. La confiance se modifierait par l'identification d'erreurs ou de transgressions des règles de l'art de l'intervenant précédent.

2.2. LA PHASE DE MISE EN SÉCURITÉ

Pour réaliser leurs activités de dépannage en sécurité, les opérateurs doivent identifier le risque externe²⁹ et le gérer soit en l'éliminant : mettre hors tension, soit en s'en protégeant : porter des équipements et protections individuels, par exemple. Les opérateurs doivent aussi protéger les autres. Ainsi, travaillant dans un lieu accessible au public, ils doivent également assurer sa protection. Ils disposent d'équipements collectifs comme les barrières de sécurité pour interdire l'accès du chantier.

- Se protéger du risque électrique nécessite de disposer de connaissances sur l'électricité. Le danger du courant alternatif à basse tension³⁰ est lié à la fois à la résistance, à l'intensité, à la tension et au temps de contact³¹. Il nécessite également de disposer de connaissances sur les moyens techniques de protection : par exemple, les liaisons à la terre comme le montrent les travaux de Caillot et Nguyen-Xuan (Nguyen-Xuan *et al.*, 1992 ; Caillot *et al.*, 1993, 1995).

- Les décisions de mise en sécurité relèvent également des métaconnaissances de l'opérateur et de la confiance en soi. Il s'agit notamment d'éviter des situations que l'on sait ne pas être en mesure de maîtriser (Valot *et al.*, 1993). Par exemple, un opérateur peut décider de faire reporter une intervention pour qu'elle soit effectuée par l'équipe de nuit (situation où l'on peut mettre les dispositifs techniques totalement tension totale) parce qu'il estime qu'il n'est pas en mesure de réaliser le dépannage en présence de tension, étant donné l'état du dispositif par exemple. Métaconnaissances et confiance en soi sont intimement liées (Amalberti, 1996).

L'évolution de la confiance en soi est décrite en trois phases par Amalberti (*op. cit.*) :

- Phase initiale de défense : l'opérateur novice n'est pas sûr de ses compétences et il dispose d'un éventail de règles d'action réduit.

- Phase exploratoire d'acquisition de la confiance : disposant de conduites plus automatisées, l'opérateur peut libérer des ressources pour exploration et acquérir ainsi de nouvelles connaissances. Sur une période plus ou moins longue dépendant du domaine professionnel, l'opérateur acquiert le sentiment de disposer de suffisamment de connaissances pour maîtriser les tâches courantes. Il acquiert « un niveau global » de confiance.

- Phase de rétractation ou de préférence : l'opérateur est en mesure d'atteindre un niveau de performance plus élevé en fonctionnant davantage sur ses automatismes. sa confiance résulte alors de sa capacité à gérer ses propres ressources. Il peut jouer sur toute une gamme de compromis cognitifs à partir d'un noyau limité de compétences, ce qui lui permet flexibilité et adaptation au contexte.

²⁹ Nous nous intéressons plus spécifiquement au risque électrique, mais ce n'est pas le seul risque présent : risque de chute lors de travaux en hauteur, risque de coupures ou de blessures aux mains lors d'interventions dans des armoires dont les composants sont trop proches les uns des autres ...

³⁰ Les activités de maintenance que nous examinons ne concernent que ce domaine.

³¹ Détails dans les annexes sur l'électricité.

2.3. LA PHASE DE DÉPANNAGE

En fonction du type de mise hors tension réalisé, l'opérateur peut effectuer le dépannage sans aucun risque électrique ou en devant le gérer. Par exemple, l'opérateur peut être conduit à travailler sur un élément qui est sous tension, ou à proximité d'éléments sous tension. Cette gestion des risques nécessite des habiletés psychomotrices. Par exemple, débrancher des fils sous tension en évitant qu'ils entrent en contact et, si les dispositifs de protection ne sont pas utilisés, en évitant d'entrer soi-même en contact avec des éléments actifs des fils ou des éléments sous tension à proximité, dans un espace parfois restreint.

2.4. LES CONTRAINTES

Que l'opérateur intervienne ou non sur un chantier planifié à l'avance, il doit prendre en compte des contraintes temporelles. Par exemple, pour des chantiers d'entretien des voies à la SNCF, planifiés à l'avance, les fins de chantier sont des moments critiques (De la Garza, 1995 b). Étant donné les imprévus, les tâches inopinées, les opérateurs de maintenance ont parfois du mal à finir leurs interventions dans les délais prévus. Or il faut « rendre les voies à temps » pour que la circulation soit rétablie (De la Garza, *op. cit.* ; Chesnais, Vidal, 1995). Par ailleurs, dans un certain nombre de cas, ils interviennent dans l'urgence pour rétablir le fonctionnement normal du système.

Les contraintes temporelles ne sont pas les seules que les opérateurs ont à gérer. À un premier niveau, il s'agit de contraintes organisationnelles comme le travail isolé, le travail posté, les situations de coactivité, la présence d'opérateurs d'entreprises extérieures, qui constituent des facteurs accidentogènes (Krawsky *et al.*, 1985 ; Liévin *et al.*, 1990 ; Vandevyver, 1986 ; Quéinnec *et al.*, 1992). À un second niveau, il s'agit de contraintes situationnelles. Par exemple, dans la maintenance des systèmes électriques, il est fréquent que les opérateurs interviennent tout en assurant la continuité de service des équipements. De sorte qu'ils ne peuvent pas réaliser une totale mise hors tension des dispositifs, celle-ci pouvant, dès lors, être partielle, voire nulle. Ils ont également à gérer des contraintes liées à la conception des dispositifs : accessibilité, visibilité des branchements, proximité des éléments sous tension ou non...

3. LES COMPÉTENCES REQUISES

Dans le domaine qui nous intéresse, les opérateurs doivent faire face à un réseau de distribution de l'énergie électrique qui peut être complexe, à plusieurs niveaux hiérarchisés. Ce qui a des conséquences pour identifier l'élément défectueux, par exemple du point de vue de la propagation d'un symptôme, mais également pour effectuer l'opération de mise hors tension : l'opérateur doit être en mesure d'identifier le niveau auquel il intervient et l'élément permettant

sa mise hors tension.

On peut donc s'attendre que les stratégies topographiques s'appuyant sur la schématisation des flux du système, articulée aux connaissances du domaine, soient efficaces. Nous chercherons à identifier les concepts pragmatiques éventuellement développés par les opérateurs, en faisant l'hypothèse qu'ils permettent de guider la prise des informations pertinentes, donc d'orienter les tests et les points sur lesquels ils doivent être réalisés, et de permettre la mise en relation des variables du système.

Dans l'ensemble, les travaux sur le diagnostic s'intéressent peu à la gestion des risques en elle-même. Nous faisons l'hypothèse que des connaissances techniques et sécuritaires sont impliquées dans la gestion des risques, qui nécessite notamment la mise en œuvre d'activités de diagnostic.

Par exemple, les opérateurs chargés de la localisation et du traitement des fuites de gaz utilisent un même indicateur — la présence de « sablon » — pour la localisation de la fuite et pour identifier un risque. Le gaz peut s'infiltrer dans le « sablon » ; sa propagation est modifiée par comparaison à d'autres types de terre. Traiter une fuite de gaz implique de descendre dans une tranchée. Le sablon est une terre friable ; le risque d'effondrement des parois est important (Le Jollif *et al.*, 1999). Si, dans les deux cas, les inférences s'appuient sur des connaissances différentes, l'information pertinente est identique (présence de sablon) et relève de l'élaboration des mêmes indicateurs (couleur des terres, par exemple).

Le diagnostic détermine la phase de mise en sécurité. La mise hors tension apparaît comme une tâche cruciale dans la mesure où elle permet la gestion du risque électrique, en fonction des contraintes situationnelles. La mise en sécurité n'aboutit pas systématiquement à la mise hors tension totale. L'opérateur doit être en mesure d'éviter les situations qu'il sait ne pas être en mesure de maîtriser, ce qui implique de développer des métaconnaissances qui sont articulées à la confiance en soi. La gestion des risques nécessite également des connaissances sur les dispositifs de protection et la mobilisation d'habiletés psychomotrices.

La confiance dans le dispositif peut affecter le diagnostic. Nous faisons l'hypothèse qu'elle évolue avec la connaissance des situations dans lesquelles des électriciens ont effectué des modifications qui contreviennent aux règles de l'art.

Cette première approche nous servira de guide pour analyser les compétences critiques pour la gestion des risques dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques.

CHAPITRE 4

COMPETENCES CRITIQUES POUR LA MAINTENANCE DES SYSTEMES ELECTRIQUES

Ce chapitre a pour objectif de présenter une analyse des compétences critiques mobilisées pour réaliser des tâches de maintenance des systèmes électriques. Nous nous sommes ici appuyée sur des analyses d'accidents et d'incidents. Dans un premier temps, nous verrons comment les compétences critiques peuvent être identifiées et quel point de vue nous adoptons pour analyser les accidents et incidents. Nous exposerons ensuite la méthodologie employée et les résultats. À l'issue de ces analyses, nous présenterons nos hypothèses sur les compétences critiques concernant la gestion des risques dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques.

1. COMMENT IDENTIFIER LES COMPETENCES ?

Identifier les compétences mobilisées par les opérateurs pour réaliser une tâche nécessite d'analyser l'activité mise en œuvre. C'est un point de vue commun à la didactique professionnelle et à l'ergonomie. Toutefois, l'analyse du travail³² en ergonomie et en didactique professionnelle se différencie sur deux points : la perspective épistémologique et la perspective développementale et diachronique (Pastré, 1997 ; Samurçay, Pastré, 1998).

- La perspective épistémologique.

En ergonomie, l'analyse de travail est plutôt orientée par le rapport tâche-activité, alors qu'une analyse dont l'objectif est l'identification des compétences nécessite aussi de s'intéresser à la structure conceptuelle de la tâche (Samurçay, Pastré, 1998). Pastré (1997) et Rogalski (1995 a) s'accordent pour préciser que si la tâche est contextuelle et inscrite dans une organisation du travail, elle comporte une structure conceptuelle sous-jacente : un réseau de règles et de concepts. Sur ce dernier point, les auteurs considèrent que l'analyse de la tâche « est l'équivalent de l'analyse épistémologique d'un domaine scientifique » (Pastré, 1997, p. 92). Cette analyse épistémologique n'a toutefois pas les mêmes caractéristiques que dans un domaine scientifique : l'objectif des opérateurs est avant tout pragmatique, orienté par et pour l'action (Samurçay, Pastré, 1998 ; Pastré, 1997 ; Rogalski, 1995 a). Contrairement à la didactique des disciplines, il ne s'agit pas uniquement des savoirs techniques ou scientifiques, mais également de connaissances sur l'organisation du travail, ou de métaconnaissances, par exemple. Il s'agit alors d'identifier des « savoirs de référence » : « objets et traitement communs aux pratiques efficaces » (Rogalski, Samurçay, 1994 ; Samurçay, 1994 ; Samurçay, Rogalski, 1993). Autrement dit, il s'agit des invariants situationnels et conceptuels, et des organisations des activités auxquelles ils sont liés (Samurçay, Pastré, 1998).

- La perspective développementale et diachronique.

Une des caractéristiques des travaux d'ergonomie sur les compétences est qu'ils les abordent de façon synchronique, car l'analyse est circonscrite aux relations tâche-activité, souligne Pastré (1997). Par ailleurs, les compétences sont souvent abordées en comparant experts et novices, ce qui reste peu informatif sur le développement : comment un novice devient-il expert ? Saisir des éléments de ce développement nécessite d'identifier des ruptures et des filiations. D'où l'utilisation de méthodologies transversales, longitudinales et un intérêt pour les situations de mutation : nouvelle organisation du travail, nouveaux systèmes techniques... qui permettent

³²En ergonomie, comme en didactique professionnelle, il n'existe pas une mais des analyses du travail en fonction des objectifs précis du chercheur ou de l'intervenant. Nous faisons plutôt ici référence aux points communs et différences de la didactique professionnelle et de l'ergonomie.

d'identifier des indicateurs d'évolution (Pastré, *op. cit.*).

L'identification des compétences repose donc sur une analyse fine et précise de l'activité et la mise en œuvre de méthodologies développementales. Étant donné les difficultés d'observation en situations réelles de travail que nous avons rencontrées, nous avons choisi d'analyser des accidents et incidents.

Ces analyses n'ont pas pour objectif l'identification des causes ou des erreurs des opérateurs, mais l'identification des compétences critiques. Dans ces termes, elles doivent constituer une analyse épistémologique de la tâche, au sens de Samurçay, Pastré ou Rogalski (Samurçay, Pastré, 1998 ; Pastré, 1997 ; Rogalski, 1995 a). De plus, notre propos n'est pas de définir si les opérateurs sont compétents ou non. Nous considérons les accidents ou incidents comme révélateurs des compétences mobilisées par les opérateurs, bien qu'elles aient pu s'avérer insuffisantes. Norros (1998) utilise les accidents et incidents dans un objectif identique : ils permettent d'identifier des tâches critiques et les compétences requises pour les réaliser. Dans ce cadre, même si accidents et incidents sont des événements³³ et en ce sens sont singuliers, nous cherchons à mettre en évidence des points communs relatifs aux situations, à leur représentation et à leur traitement par l'opérateur.

Il s'agit ici d'analyses cliniques orientées par l'élaboration d'hypothèses sur les compétences et leur développement. Dans ce cadre, l'étude clinique ouvre la voie à une étude expérimentale (Leplat b, 1997), qui sera ici constituée par une simulation (chapitre 5).

2. IDENTIFICATION DES COMPETENCES CRITIQUES A PARTIR DE L'ANALYSE D'ACCIDENTS ET D'INCIDENTS

Dans la lignée des travaux de Faverge (1967) et de Leplat (Leplat, Cuny, 1977, par exemple), un accident est défini comme un événement non désiré, dont l'une des conséquences est l'atteinte à l'intégrité de l'opérateur. Un incident est un événement non désiré potentiellement accidentogène qui est récupéré par l'opérateur, ou un événement non désiré n'ayant que des conséquences matérielles.

Les accidents qui nous intéressent peuvent être qualifiés d'« accidents individuels » : « une personne ou un groupe est à la fois l'agent et la victime d'un accident » (Reason, 1997, p. 1). Ils peuvent avoir une origine organisationnelle (Reason, *op. cit.* ; Wagenaar, 1998).

2.1. METHODOLOGIE

La méthodologie élaborée s'appuie sur l'analyse de la tâche (schéma 4, chapitre 3), afin de préciser les différentes phases de traitement de la situation qui sont en cause dans l'accident, sur

³³ À partir de la définition de Ricœur (1983, *in* Leplat, 1997 a), Leplat (*op. cit.*) définit un événement comme singulier, non répétable et devant être différencié de ce qui résulte d'une logique de nécessité.

le modèle de Hale et Glendon (1987), pour identifier les étapes de traitement du danger qui ont échoué. Elle est également sous-tendue par le cadre Compety, qui guide, en partie, l'analyse thématique effectuée et nous permet de faire des inférences sur les dimensions des compétences³⁴.

Nous avons recueilli des données sur cinq accidents et un incident, dans deux entreprises du service public. Il s'agit d'opérateurs de maintenance des systèmes électriques ayant eu un accident d'origine électrique ou ayant récupéré un incident, dont les conséquences auraient pu être la production d'un accident d'origine électrique.

Nous adoptons une « approche compréhensive » (Dwyer, 1992) que l'on peut définir comme fondée sur le point de vue de l'opérateur, ce qui nous permet de ne pas nous intéresser uniquement à quelques comportements de façon isolée, mais de les réinscrire dans l'activité de l'opérateur en fonction des caractéristiques des situations telles qu'il les a perçues.

2.1.1. Le recueil des données

Nous avons interviewé six opérateurs de maintenance des systèmes électriques de deux entreprises du service public. Ces opérateurs ont eu un accident d'origine électrique ou ont récupéré un incident qui aurait pu générer un tel accident.

L'objectif de l'entretien est d'obtenir le récit de l'événement du point de vue de l'opérateur : la situation telle qu'il se la représente.

Nous lui demandons de décrire la situation particulière (situation de jour ou de nuit, sous contrainte temporelle, existence de schémas électriques ou non...), en restituant la temporalité. Au cours de l'entretien, nous insistons sur les actions (ce qu'il a fait), les prises d'informations (à quoi il a vu...), les décisions, les diagnostics (ce qu'il a cru...). Nous intervenons également pour savoir s'il avait déjà rencontré des situations identiques.

D'autres interrogations portent sur les classes de situations : les situations habituelles ou non, et les situations canoniques ou non. Les questions sont du type : est-ce que c'est toujours comme ça ? en quoi est-ce différent ?... L'objectif est d'obtenir des éléments d'information sur les représentations et traitements de ces situations.

Enfin, étant donné la diversité des situations, des aspects techniques et la complexité des réseaux de distribution de l'énergie, nous demandons des explications. Ce qui conduit l'opérateur à décrire plus précisément les situations, les systèmes techniques...

Il s'agit donc d'une reconstruction de l'activité de l'opérateur. Ce type de verbalisation est sujet à deux types de biais (Amalberti, Hoc, 1998, p. 220) :

« — Le biais de réactivité où le sujet rationalise à l'excès et s'éloigne des processus effectivement mis en jeu dans l'activité ;

³⁴ Voir chapitre 2.

— le biais de validité où le sujet s'efforce de justifier toutes ses activités y compris celles qui sont automatisées, même lorsqu'il en est incapable. »

Contrôler ces biais nécessite de confronter les données observables et les verbalisations des opérateurs. Étant donné qu'il s'agit d'accidents et d'incidents, ce contrôle est impossible. Toutefois, nous disposons des analyses effectuées par les entreprises, au moins dans certains cas. Il s'agit d'arbres des causes réalisés peu après l'accident ou l'incident, qui sont élaborés à partir de données recueillies auprès de l'opérateur, s'il est disponible, et de témoins. Ces analyses nous servent de guide pour les entretiens. Le contrôle des biais n'est pas aussi efficace que si l'on disposait d'observables. Dans ce cadre, les analyses d'accidents et d'incidents nous permettent uniquement d'élaborer des hypothèses sur les compétences critiques.

2.1.2. L'analyse des événements

Il s'agit d'analyses cliniques : analyses approfondies d'un nombre de cas restreints (Leplat, 1997 b). Notre objectif est d'identifier des éléments invariants concernant les caractéristiques des situations particulières et leur traitement par les opérateurs, en nous intéressant aux moyens de gestion des risques, à leur efficacité pour traiter une situation.

Les accidents et incidents sont analysés suivant trois axes : le traitement de la situation particulière, les dimensions des modèles des opérateurs, le fonctionnement de ces modèles en situation. Nous les présenterons successivement.

Les analyses thématiques réalisées s'appuient sur la relation situation particulière-classe de situations, conformément au cadre Compety. Sur cette base, nous classons les phrases de l'opérateur en fonction de deux thèmes :

- le traitement de la situation particulière : la situation traitée ce jour-là ;
- les dimensions des modèles des opérateurs : les éléments plus génériques rendant compte de la représentation de caractéristiques invariantes des situations et de leur traitement.

Par exemple, un opérateur doit déconnecter le bouton d'arrêt d'urgence d'une armoire électrique, il décrit les mises hors tension et les contrôles réalisés :

« Puisque c'était branché à l'armoire secondaire, on est remonté à l'armoire secondaire (première armoire, « A », en amont d'une seconde, « B »), on a coupé le courant (disjoncteur appelé « X »), on a vérifié déjà en dessous (contrôle de tension sur les nœuds de branchement aval du disjoncteur X). On est revenu à l'armoire où il y a les appareils et le bouton d'arrêt d'urgence (seconde armoire), on a recoupé le sectionneur en haut de l'armoire (disjoncteur général de l'armoire), vérifié en dessous (contrôle de tension sur les nœuds de branchement aval du disjoncteur), il y avait pas de courant . »

Ces phrases correspondent au traitement de la situation particulière. L'opérateur décrit la procédure mise en œuvre. La description comprend les éléments coupés, les points de contrôle et le résultat des contrôles.

Plus loin, il précise :

« Parce que une armoire comme ça ou une autre, c'est pareil. On coupe notre sectionneur général à l'arrivée et on vérifie en dessous. On est sûr normalement qu'il y a plus de courant. »

Dans ce cas, on considère que les phrases relèvent des modèles de l'opérateur. Il fait référence à la même procédure, mais il s'agit ici d'aspects invariants de la coupure, des contrôles et de leur localisation.

2.1.2.1. Le traitement de la situation particulière

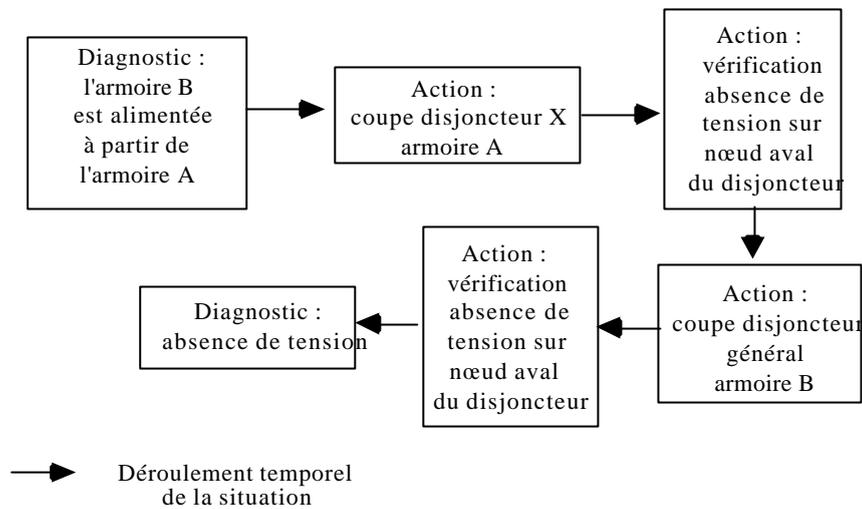
Ce premier axe correspond à l'analyse des composants de l'activité dans une situation particulière (*cf.* Compety, chapitre 2).

Nous cherchons à identifier les prises d'informations, diagnostics, décisions et actions de l'opérateur, en restituant le déroulement temporel et en prenant en compte l'état du système et son évolution.

Reprenons l'exemple précédent : «Puisque c'était branché à l'armoire secondaire, on est remonté à l'armoire secondaire, on a coupé le courant, on a vérifié déjà en dessous. On est revenu à l'armoire où il y a les appareils et le bouton d'arrêt d'urgence, on a recoupé le sectionneur en haut de l'armoire, vérifié en dessous, il y avait pas de courant. »

L'opérateur décrit la procédure mise en œuvre. Le schéma 5 représente cette séquence.

Schéma 5 : Exemple de traitement du thème « situation particulière »



À partir de ce que nous savons des situations — entretien avec l'opérateur et recueil d'informations auprès des services de prévention de l'entreprise —, nous cherchons à identifier les inadéquations entre la représentation de l'opérateur et l'état réel du dispositif.

Dans l'exemple présenté précédemment, après la coupure des disjoncteurs et les contrôles effectués, l'opérateur se représente le bouton d'arrêt d'urgence comme étant hors tension alors que ce n'est pas le cas, du fait d'une erreur de branchement qu'il n'a pas identifiée. Sa représentation de la situation, et particulièrement de l'état d'alimentation du bouton d'arrêt d'urgence, ne correspond pas à l'état du système.

2.1.2.2. Les dimensions des modèles des opérateurs

Les dimensions des modèles des opérateurs constituent le deuxième axe d'analyse des accidents et incidents. Plus précisément, nous nous intéressons ici aux représentations des situations et aux concepts sous-jacents à l'action.

L'analyse est réalisée en deux temps : d'une part, nous effectuons une analyse thématique des verbalisations, d'autre part, nous cherchons à inférer les concepts sous-jacents.

Analyse thématique

L'analyse thématique des verbalisations consiste à catégoriser, en fonction des thèmes, les représentations des opérateurs et à identifier des règles, procédures associées. Les thèmes identifiés sont les suivants :

Le contexte

Il comprend les sous-thèmes : la familiarité, les contraintes, l'environnement.

Par exemple, la présence d'eau fait partie des éléments pris en compte dans l'environnement. Exemple de règle associée à l'environnement : «S'il y a une fuite d'eau, on va couper tout l'immeuble. »

La tâche et le matériel

Nous relevons le type de tâche : maintenance corrective (réparation, installation), maintenance préventive.

Par exemple, un opérateur précise qu'il devait réaliser «une mise en service » dans un appartement privé. Cela consiste à installer un coupe-circuit, un compteur et un disjoncteur et à les connecter au réseau d'alimentation d'un immeuble. Il s'agit de maintenance corrective (installation). Par ailleurs, durant l'entretien, il précise la procédure invariante mise en œuvre pour réaliser cette tâche : pose des appareils, raccordement des appareils au réseau sous tension de l'immeuble, contrôle de leur bon fonctionnement.

Les règles de sécurité

Nous relevons les critères d'application d'une règle de sécurité, les contraintes de sa mise en œuvre et les moyens de substitution dont disposent éventuellement les opérateurs.

Par exemple, un opérateur dit ne porter ses gants de sécurité que quand l'intensité est importante (critère d'application). Dans une situation où l'intensité est peu importante, il dit utiliser les gants de manutention (moyen de substitution).

La confiance

La confiance regroupe deux sous-thèmes : la confiance dans les installations et la confiance dans le travail des autres. Ces deux dimensions sont en interaction, puisque les opérateurs interviennent sur des dispositifs techniques qui ont pu être modifiés par d'autres électriciens.

Par exemple, un opérateur précise qu'à la suite de son accident, il fait confiance au « ni aux gens, ni au matériel ».

Les règles de métier

Pour un opérateur, se représenter qu'un électricien respecte les règles de métier est un aspect important qui détermine la confiance que l'on peut avoir en la qualité de son travail, et de ce fait dans les dispositifs techniques, comme nous l'avons précisé. Deux aspects des règles de sécurité sont différenciés : ce qui doit être fait par les autres, ce qui est fait pour les autres ou pour les interventions ultérieures.

Par exemple, la mise en conformité des informations apposées sur les dispositifs (étiquetage) et/ou des informations présentes sur le schéma du dispositif relèvent de ce qui doit être fait pour les interventions ultérieures ou pour les autres électriciens.

Les réseaux et les circuits électriques

Nous relevons ce qui concerne la composition des réseaux et circuits : le type d'objet, le fonctionnement des objets, leur fonction, leur état.

Par exemple, un coupe-circuit est un fusible intermédiaire entre le réseau et l'appartement d'un particulier (type d'objet).

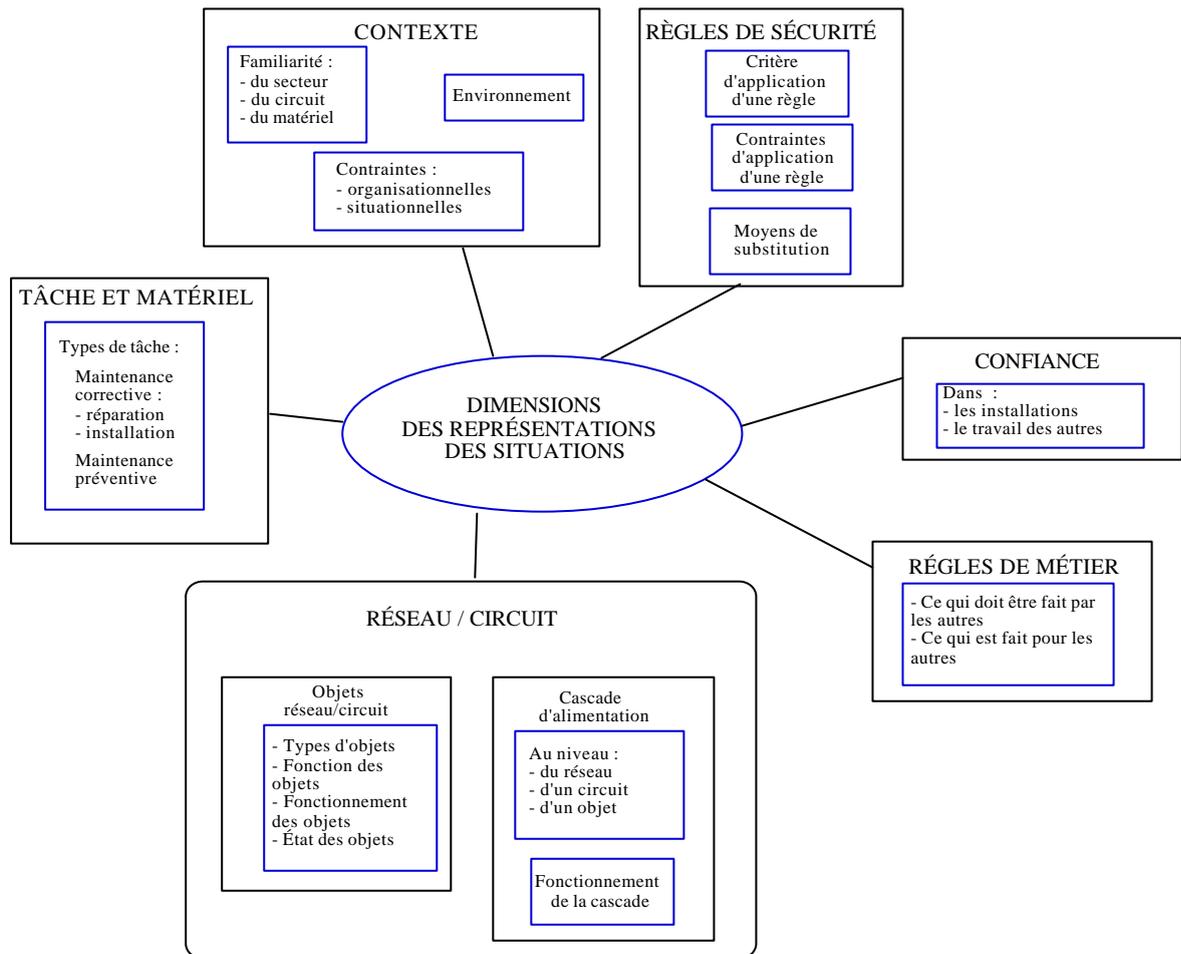
Nous relevons également les représentations qui concernent la cascade d'alimentation. La description de l'opérateur peut porter sur différents niveaux — le réseau dans son ensemble, un circuit ou encore un élément du circuit —, sur le fonctionnement de la cascade d'alimentation.

Par exemple, un opérateur précise une cascade d'alimentation locale, partie d'un réseau :

« Chez un particulier le sens de branchement c'est : coupe-circuit, compteur, disjoncteur. »

Le schéma 6 (page suivante) représente ces différents thèmes et sous-thèmes, qui constituent les dimensions des représentations des situations.

Schéma 6 : Dimensions des représentations des situations



Inférence de concepts sous-jacents

Cette analyse thématique réalisée, nous nous intéressons aux concepts en nous centrant plus particulièrement sur le thème «réseau et circuit » et le sous-thème « cascade d'alimentation » puisqu'il s'agit de représentations mobilisées pour réaliser une opération de mise hors tension.

Nous reprenons un exemple précédemment cité, l'opérateur précise une procédure :

« Parce que une armoire comme ça ou une autre, c'est pareil. On coupe notre sectionneur général à l'arrivée et on vérifie en dessous. On est sûr normalement qu'il y a plus de courant. »

L'inférence « il y a plus de courant » repose sur la mobilisation de deux notions : la continuité et le sens ou l'ordre. L'opérateur considère qu'il a coupé en amont : le sectionneur général qui protège toute l'armoire. Il se représente une relation d'ordre entre les différents éléments. Et il y a continuité entre ce disjoncteur et l'ensemble des circuits électriques de l'armoire : couper ce disjoncteur permet normalement la mise hors tension de toute l'armoire. C'est pourquoi le contrôle de tension sur le nœud aval du disjoncteur conduit à inférer que toute l'armoire est hors tension.

De la même façon, un opérateur précise «le sens de branchement » chez un particulier : coupe-circuit, compteur, disjoncteur. De sorte que quand on coupe à partir du coupe-circuit, le compteur est hors tension. Nous retrouvons ces mêmes notions : continuité, sens, ordre.

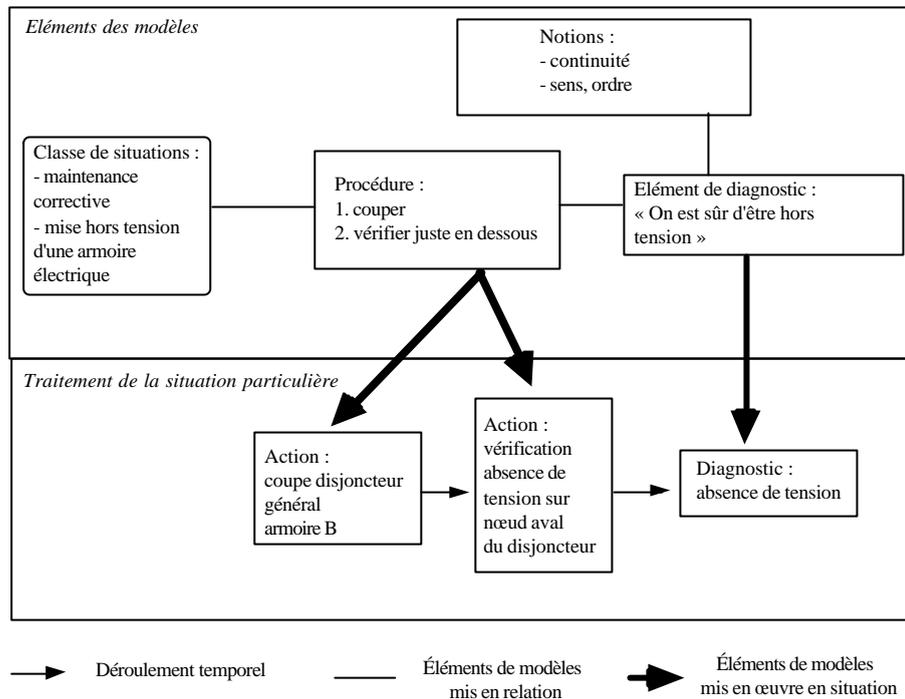
2.1.2.3. Le fonctionnement des modèles en situation

Nous cherchons à identifier les éléments des modèles des opérateurs qui ont pu être mis en œuvre dans la situation traitée. Ce qui revient à relier les deux précédentes analyses, en nous appuyant sur les relations postulées par Compety. Il s'agit par exemple de relier une représentation circonstancielle et une représentation modèle. Ces éléments ne sont pas systématiquement verbalisés au même moment de l'entretien. Quand ce n'est pas le cas, nous considérons que le lien existe si la dimension identifiée du modèle rend compte de ce qui a été fait dans la situation.

Si nous reprenons un exemple précédemment mentionné, nous avons identifié, d'une part, une séquence d'actions (schéma 5, pages précédentes) comme faisant partie du traitement de la situation particulière. D'autre part, l'opérateur mentionne une procédure invariante de mise hors tension et de vérification. Étant donné que cette procédure correspond à la séquence d'actions identifiée, nous en inférons qu'elle a été mise en œuvre en situation. De plus, nous avons précisé au point précédent comment les notions de continuité, de sens, d'ordre sous-tendaient cette procédure. Nous considérons qu'elles font partie du modèle de l'opérateur. Les différents éléments des modèles sont articulés à partir des relations postulées par Compety.

Le schéma 7 reprend ces différents éléments.

Schéma 7 : Exemple de fonctionnement des modèles en situation



2.2. RESULTATS

Nous présenterons d'abord les points communs des cinq accidents et de l'incident selon deux axes : la nature des situations, l'identification d'un problème spécifique. Puis nous présenterons de façon détaillée deux accidents, étant donné leurs points communs et étant donné qu'ils concernent, d'une part, un opérateur peu expérimenté (un an d'expérience au moment des faits) et, d'autre part, un opérateur plus expérimenté, appartenant à une deux entreprises différentes (EDF et RATP). Puis nous examinerons des dimensions des modèles des opérateurs.

2.2.1. Les points communs des événements analysés

Les accidents et l'incident, présentés au tableau 1 (pages suivantes), sont révélateurs de problèmes d'organisation et de défauts de conception des dispositifs techniques. Dans une optique plus classique, ce type d'événement est utilisé avec un objectif de prévention. Ils ne sont pas utilisés ici de ce point de vue. Nous les avons considérés comme des révélateurs des compétences pour réaliser des tâches de maintenance des systèmes électriques³⁵. Dans cet objectif, nous présentons les points communs des événements analysés selon deux axes : la nature des situations, l'identification d'un problème spécifique.

Tableau 1 : Synthèse des éléments des situations particulières et de l'activité en situation

	Caractéristique des situations particulières	Phase de diagnostic	Phase de mise en sécurité	Phase de réparation
A1	<ul style="list-style-type: none"> - <i>L'opérateur intervient hors de son secteur.</i> - Situation anormale : <i>les matériaux utilisés sont non conformes et les protections du réseau ont été « shuntées ».</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Non-identification du risque : <i>l'opérateur identifie un échauffement peu important dû à un desserrage des vis des porte-fusibles du coupe-circuit, alors qu'il est très important. De ce fait le plastique du support du coupe-circuit est devenu mou.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Travail en présence de tension (existence de contraintes de qualité de service). - Non-port des ÉPI³⁶ (existence de contraintes situationnelles). 	<ul style="list-style-type: none"> - En resserrant les vis des porte-fusibles, le plastique du support du coupe-circuit s'amalgame, des phases entrent en contact, ce qui produit un flash électrique. - L'opérateur est brûlé.

.....suite du tableau 1, page suivante.....

³⁵ Nous ne considérons pas pour autant que les accidents et incidents n'ont pas un caractère multicausal. De plus, ces problèmes d'organisation ou de conception ont été précisés à l'entreprise.

³⁶ Équipements et protections individuels.

.....suite du tableau 1.....

	Caractéristique des situations particulières	Phase de diagnostic	Phase de mise en sécurité	Phase de réparation
A2	<p>- Situation anormale : l'ordre des éléments du réseau de distribution est modifié, le compteur et le coupe-circuit sont inversés (erreur latente de branchement).</p>	<p>- Identification d'un dysfonctionnement du compteur.</p> <p>- Non-identification de la cause : l'opérateur infère qu'il s'agit de l'inversion des câbles lors du raccordement qu'il a réalisé, alors que le dysfonctionnement est dû à l'erreur de branchement.</p> <p>- Non-identification du risque : après la coupure du coupe-circuit, l'opérateur infère que le compteur est hors tension, alors que ce n'est pas le cas malgré une mise hors tension correcte³⁷ (mise hors tension du compteur par ouverture du coupe-circuit).</p>	<p>- Mise hors tension partielle (existence de contraintes de qualité de service³⁸) : uniquement du compteur par action sur le coupe-circuit.</p> <p>- Pas de contrôle de l'absence de tension.</p> <p>- Pas de mise en sécurité des fils débranchés (pour l'opérateur, il s'agit de travail hors tension).</p> <p>- Pas de port des ÉPI (pour l'opérateur, il s'agit de travail hors tension).</p>	<p>- Lors du rebranchement du compteur, les fils déconnectés entrent en contact. Ils sont toujours sous tension du fait de l'erreur latente de branchement, ce qui produit un flash électrique.</p> <p>- L'opérateur est brûlé.</p>

³⁷ Nous l'entendons comme une mise hors tension correcte pour une situation « normale ».

³⁸ A priori, il ne s'agit pas de la sécurité des clients mais plutôt de leur confort.

.....suite du tableau 1.....

	Caractéristique des situations particulières	Phase de diagnostic	Phase de mise en sécurité	Phase de réparation
A3 *	<p>- L'opérateur intervient hors de son secteur.</p> <p>- Situation anormale : modification de l'ordre de branchement du sectionneur et du fusible dans le réseau, ce qui ne correspond pas aux situations connues de l'opérateur. Il n'est pas informé des modifications.</p>	<p>- Non-identification du risque : après l'ouverture du sectionneur, l'opérateur infère que le fusible est hors tension <i>alors que ce n'est pas le cas du fait des modifications apportées, malgré une mise hors tension correcte (mise hors tension du fusible par ouverture du sectionneur).</i></p>	<p>- Mise hors tension partielle (existence de contraintes de continuité de service³⁹) : mise hors tension du fusible en ouvrant le sectionneur.</p> <p>- Pas de contrôle de l'absence de tension (existence de contraintes situationnelles)</p> <p>- Pas de port d'ÉPI (existence de contraintes situationnelles).</p>	<p>- Lors du remplacement du fusible défectueux, les phases des contacteurs des fusibles entrent en contact (existence de contraintes liées à la conception du dispositif). Ce qui produit un flash électrique, le fusible étant resté sous tension.</p> <p>- L'opérateur est brûlé.</p>

³⁹ Contrairement aux contraintes de qualité de service, ici la sûreté et la sécurité du transport des passagers, mission principale de l'entreprise, peuvent être impliquées.

<p>A4</p>	<p>- <i>L'opérateur intervient sur une armoire pour la première fois.</i> - Situation anormale : <i>le bouton d'arrêt d'urgence (BAU) de l'armoire B est branché en amont du disjoncteur correspondant dans l'armoire A⁴⁰ (erreur latente de branchement).</i></p>	<p>- Identification : <i>l'armoire B est alimentée à partir du circuit X de l'armoire A.</i> - Non-identification du risque : <i>après les coupures des disjoncteurs (armoires A et B) et des contrôles locaux, l'opérateur infère que le BAU est hors tension, alors que ce n'est pas le cas du fait de l'erreur de branchement, malgré une mise hors tension correcte.</i></p>	<p>- Mise hors tension partielle (existence de contraintes de continuité de service) <i>: coupure du disjoncteur X correspondant dans l'armoire A.</i> - Mise hors tension totale : coupure du disjoncteur général de l'armoire A.</p>	
-----------	--	--	--	--

⁴⁰ Il devrait au minimum être connecté à l'aval du disjoncteur X, ou connecté à un disjoncteur différent de l'armoire A, branchement plus conforme.

.....suite du tableau 1.....

	Caractéristique des situations particulières	Phase de diagnostic	Phase de mise en sécurité	Phase de réparation
(A4 suite)			<p>- Contrôles locaux : contrôle d'absence de tension sur les nœuds de branchement aval des deux disjoncteurs actionnés, contrôle de l'étiquetage du câble reliant les deux armoires à partir du schéma.</p> <p>- Pas de contrôle d'absence de tension sur le nœud de branchement du BAU (existence de contraintes situationnelles).</p> <p>- Pas de port d'ÉPI (pour l'opérateur, il s'agit de travail hors tension).</p>	<p>- L'opérateur débranche le BAU et prend les fils à pleines mains. Ils sont toujours sous tension du fait de l'erreur latente de branchement.</p> <p>- L'opérateur est brûlé.</p>
A5	- L'opérateur intervient dans son secteur habituel.	- L'opérateur identifie la cause du dysfonctionnement et les éléments permettant la mise hors tension, qui est effectivement réalisée.	<p>- L'opérateur ne réalise qu'une mise hors tension partielle, alors qu'aucune contrainte n'interdit une mise hors tension totale.</p> <p>De son point de vue, il a mis hors tension comme dans une situation de jour, sur une armoire de quai en « coupant au minimum » (autre classe de situations).</p>	<p>- Ayant des difficultés à dévisser un élément, il prend appui sur un objet resté sous tension (existence de contraintes de conception du dispositif).</p> <p>- L'opérateur est brûlé.</p> <p>[Il se comporte comme s'il avait réalisé une mise hors tension totale, correspondant à la classe de situations dans laquelle il se trouve, de son point de vue.]</p>

.....suite du tableau 1.....

	Caractéristique des situations particulières	Phase de diagnostic	Phase de mise en sécurité	Phase de réparation
I6*	<p>- Les armoires font partie du secteur d'intervention de l'opérateur depuis peu.</p> <p>- Situation anormale : les canons des serrures d'une armoire électrique ont été enlevés (erreur latente), ce qui lui donne l'aspect d'une armoire dont les tiroirs sont débroschables⁴¹ par manivelle . Or il s'agit d'une armoire dont les tiroirs sont débroschables manuellement.</p> <p>- L'orifice laissé libre donne directement accès à des pièces nues sous tension.</p>	<p>- Dans un premier temps, le risque n'est pas identifié : l'opérateur teste deux manivelles, comme s'il s'agissait d'une armoire à manivelle.</p> <p>- Elles sont identifiées comme n'étant pas au bon format.</p> <p>- L'opérateur prend des informations sur l'orifice par lequel les manivelles doivent être enclenchées.</p> <p>- Il identifie le risque : l'orifice donne directement accès à des pièces nues sous tension.</p> <p>- Il en infère qu'il s'agit d'un autre type d'armoires électriques : à tiroirs débroschables manuellement.</p>	<p>- Pour réaliser les tests, l'opérateur applique la procédure de débroschage des tiroirs des armoires à manivelle : l'appui sur le bouton du tiroir produit une mise hors tension locale (du circuit de commande) et permet l'enclenchement de la manivelle.</p> <p>- Dans le cas d'une armoire à tiroirs débroschables manuellement, type d'armoire sur lequel l'opérateur intervient ici, la pression sur le bouton permet bien une mise hors tension locale mais elle ne concerne pas les éléments sous tension accessibles par l'orifice dont il est question. De sorte qu'en enclenchant la manivelle, l'opérateur aurait pu être électrisé.</p>	

A : accident. I : incident. * : le diagnostic de panne est précisé à l'opérateur avant son intervention.

⁴¹ Le débroschage du tiroir produit la mise hors tension du circuit de puis sance, ce qui permet par exemple la mise hors tension des escaliers mécaniques.

- La nature des situations.

Ces événements se sont produits dans des situations que l'on peut qualifier d' « anormales ».

Provisoirement, nous définirons une situation normale comme comportant des dispositifs dont la structure correspond à ce qui est indiqué sur le schéma du dispositif et comme correspondant aux règles de métier⁴².

Quatre des cinq opérateurs victimes d'un accident n'ont pas été en mesure d'identifier le caractère « anormal » de la situation (opérateurs A1, A2, A3, A4, tableau 1). Ces accidents se sont produits dans la phase de réparation. Le diagnostic des opérateurs les conduit à mettre en œuvre des procédures insuffisantes (phase de mise en sécurité). Du point de vue de Hale et Glendon (1987), le danger n'est pas pris sous contrôle parce qu'il n'est pas identifié.

L'opérateur I6 n'identifie pas le risque dans un premier temps, ce qui peut être lié au fait que le diagnostic est posé et lui est transmis avant son intervention. De la même façon que pour les accidents précédents, le diagnostic conduit à mettre en œuvre une procédure de mise en sécurité inadaptée. Les résultats des tests qu'il effectue le conduisent à prendre des informations supplémentaires. Il élabore un nouveau diagnostic et identifie le risque.

Les opérateurs A1, A2, A3, A4 et I6 ont mis en œuvre des procédures de mise en sécurité efficaces pour traiter une situation normale, alors que la situation ne l'est pas : en effet, les protections du réseau auraient dû se déclencher et produire une mise hors tension totale dans le cas d'un échauffement aussi important (opérateur A1) ; les mises hors tension réalisées par les opérateurs A2, A3 et A4 sont normalement efficaces et permettent l'élimination du danger — nous verrons plus loin que l'opérateur A4 a pris de nombreuses précautions, efficaces pour identifier plusieurs anomalies du dispositif — ; la procédure utilisée par l'opérateur I6 correspond bien aux armoires dont les tiroirs sont débouchables avec une manivelle, mais il ne s'agit pas de ce type d'armoires⁴³.

Nous faisons l'hypothèse que ces opérateurs ont mobilisé un modèle de « normalité » des situations (représentation modèle des situations normales). Ce modèle est composé d'un ensemble de connaissances (techniques, règles de métier...) qui définissent et permettent d'identifier une « situation normale ». Il implique que l'opérateur ait confiance dans l'état du dispositif et dans la qualité des interventions réalisées antérieurement (nous verrons plus loin que ce n'est pas le cas de l'opérateur A4). La maintenance des systèmes électriques peut en effet être vue comme une activité de coopération distribuée, au sens de Rogalski (1994), en temps différé.

⁴² Nous reviendrons plus précisément sur ce que sont les situations « normales » / « anormales » au point § 2.2.3.2 de ce chapitre.

⁴³ Les tiroirs sont équipés d'un bouton permettant la mise hors tension du circuit de commande et d'un orifice pour enclencher la manivelle, alors que cet orifice n'existe pas pour une armoire dont les tiroirs se débouchent manuellement. En revanche, ces derniers sont équipés de serrures.

L'accident de l'opérateur A5 (tableau 1) ne relève pas d'un problème de même nature. L'opérateur « coupe au minimum », pour reprendre son expression, alors qu'il peut effectuer une mise hors tension totale. De son point de vue, il réalise une mise hors tension qui correspond à une autre classe de situations. Lors de la réparation, du fait d'une difficulté et de contraintes liées à la conception du dispositif, il prend appui sur un élément toujours sous tension. Il se comporte comme s'il avait réalisé une mise hors tension totale. Cet opérateur semble disposer d'une organisation invariante de l'activité (coupure au minimum) qui n'a pas été mise en œuvre dans la bonne classe de situations.

- L'identification d'un problème spécifique.

Cinq de ces événements (A2, A3, A4, A5, I6, tableau 1) concernent une mise hors tension inappropriée. Elle est ici un facteur d'accident. Or il s'agit d'une tâche critique pour la gestion du risque électrique.

Notamment, trois opérateurs ont cru avoir effectué une mise hors tension au moins de l'élément à dépanner alors que ce n'était pas le cas, du fait d'une erreur latente (Reason, 1993) de branchement ou de la modification du dispositif, sans que l'opérateur en soit informé. Dans tous les cas, il s'agit d'une modification de la structure du dispositif qui peut conduire à l'échec de la mise hors tension. Les moyens d'identification du risque (phase de diagnostic) mis en œuvre par les opérateurs se sont avérés insuffisants pour le détecter.

L'identification de ces modifications peut alors être définie comme une dimension de la compétence critique permettant de gérer les risques dans les tâches de maintenance des systèmes électriques. La compétence critique est ici entendue comme la caractéristique des experts. Elle permet la gestion efficace des situations à risque.

2.2.2. Détail et comparaison de deux accidents

Les accidents des opérateurs A2 et A4 sont ici analysés de façon détaillée. Ces deux opérateurs ont été confrontés à une situation anormale et n'ont pas été en mesure de la détecter. Ils sont donc représentatifs des événements que nous avons analysés. De plus, l'anormalité du dispositif concerne sa structure, qui présente une erreur latente de branchement, ce qui conduit à l'échec de la mise hors tension, moyen crucial de gestion du risque électrique. D'après Reason (1997), l'identification des erreurs latentes est un enjeu majeur de la fiabilité des systèmes. Toutefois, aucune méthode ne permet de les identifier de façon préventive. Elles sont révélées à l'occasion d'accidents ou d'incidents. La gestion du risque qu'elles représentent résulte alors des compétences des opérateurs, qui leur permettent ou non de faire face à de telles situations. De plus, ces deux accidents concernent des opérateurs ayant des degrés d'expérience différents : l'un n'a qu'un an d'expérience au moment des faits, l'autre plusieurs années, et leur gestion du risque dans la situation est différente, même si elle aboutit à un résultat identique.

Rappelons brièvement ces deux accidents :

- L'opérateur A2 est un « jeune professionnel » : un an d'expérience au moment des faits.

Il travaille en binôme avec un électricien plus expérimenté, chez un particulier pour poser un coupe-circuit, un compteur et un disjoncteur, les raccorder au réseau et vérifier leur bon fonctionnement.

Les circuits électriques de l'appartement, ainsi que le tableau sur lequel doivent être posés les appareils, et les câbles pour les raccorder ont été préalablement installés par un électricien n'appartenant pas à l'entreprise et avec lequel l'opérateur n'est pas en relation.

Le réseau ne peut pas être coupé du fait de contraintes liées à la qualité du service rendu à la clientèle — le couper signifie une mise hors tension de tout l'immeuble.

L'opérateur pose les appareils, puis les raccorde au réseau, qui est donc sous tension. Il vérifie le bon fonctionnement des appareils et constate que le compteur tourne à l'envers. Il identifie une cause : lors du raccordement du compteur, il aurait inversé les câbles (cette cause est plausible, mais ce dysfonctionnement est en fait dû à l'erreur latente de branchement). Pour refaire le branchement du compteur, il actionne le coupe-circuit — coupure au minimum qui, dans une situation normale, est efficace. Il en infère que le compteur est hors tension. Il décide d'enlever ses gants de protection et ne fait pas de contrôle de l'absence de tension — il est sûr que le compteur est maintenant hors tension. Il débranche les fils et les ne protège pas, du fait de son diagnostic. Des fils débranchés entrent en contact. Ils sont sous tension : le compteur est en fait en amont du coupe-circuit et non pas en aval, comme il devrait l'être (erreur latente de branchement) et comme se le représente l'opérateur. Le contact produit un flash électrique. L'opérateur est brûlé.

Cet opérateur n'effectue donc aucun contrôle de réalisation effective de la coupure après l'ouverture du coupe-circuit. Il ne semble pas se représenter la possibilité d'une erreur latente de branchement, il fait confiance à la qualité du travail de l'électricien qui est antérieurement intervenu⁴⁴. L'identification de la cause de dysfonctionnement et la procédure de mise hors tension ne correspondent qu'à des situations normales.

- A4 : L'opérateur est expérimenté et intervient avec son collègue, pour la première fois sur l'armoire B.

Le bouton d'arrêt d'urgence (BAU) de l'armoire B doit être remplacé.

L'armoire B est protégée par le disjoncteur X situé dans l'armoire A. L'opérateur coupe le disjoncteur X dans l'armoire A (coupure au minimum) et effectue un contrôle d'absence de tension sur le **nœud** aval de ce disjoncteur. Ce contrôle permet, d'une part, d'identifier un dysfonctionnement du disjoncteur. En effet, abaisser la manette du disjoncteur ne signifie pas

⁴⁴ Durant l'entretien, il précise : « L'erreur qu'a fait l'électricien, c'est une erreur que j'avais pas imaginée, je pensais pas que ça puisse arriver. »

que la mise hors tension est effective. Par exemple, en raison d'une surintensité supérieure au pouvoir de coupure du disjoncteur, les contacts peuvent rester collés, ne produisant pas d'ouverture du circuit. D'autre part, ils permettent de vérifier qu'il n'existe pas de réalimentation de ce nœud de branchement à partir d'un autre circuit (erreur latente de branchement). L'opérateur coupe le disjoncteur général de l'armoire B (coupure totale, pas de contrainte de continuité de service) et effectue un contrôle d'absence de tension sur les nœuds de branchement aval de ce disjoncteur. D'une part, la coupure du disjoncteur X est normalement suffisante pour mettre hors tension tous les éléments de l'armoire B. Couper le disjoncteur général de l'armoire B est donc une mesure de sécurité supplémentaire : l'opérateur se protège d'une erreur latente de raccordement des deux armoires. D'autre part, comme précédemment, le contrôle de tension effectué permet de détecter des réalimentations par un autre circuit (erreur latente de branchement). Enfin, l'étiquetage du câble reliant les deux armoires est vérifié, il correspond bien à ce qui est noté sur le schéma du dispositif. L'opérateur en infère que toute l'armoire B est maintenant hors tension. Il n'effectue pas de contrôle de tension sur le nœud de branchement du BAU, étant donné qu'il y a de trop nombreuses vis à enlever. Or c'est le contrôle que prescrit la règle de sécurité⁴⁵. Et il enlève ses gants puisqu'il travaille hors tension. L'opérateur débranche le BAU et prend les fils à pleines mains. Il est électrisé. Les fils sont toujours sous tension. Le bouton est alimenté à partir de l'amont du disjoncteur X (erreur latente de branchement). Aucune des coupures effectuées n'est efficace, aucun des contrôles ne permet de le détecter.

Cet opérateur effectue plusieurs contrôles du dispositif. Par rapport à la règle de sécurité, ils sont plus précis : ils permettent d'identifier des « anomalies » de façon plus précise. Mais seul le contrôle « au plus près du lieu de travail », comme le prescrit la règle, aurait permis d'identifier le symptôme de l'erreur latente. Dans ce cas, la règle est remplacée par des contrôles locaux. À partir des contrôles effectués, on peut inférer que l'opérateur se représente un certain nombre d'anomalies des dispositifs pouvant mettre en échec la mise hors tension (dysfonctionnement des disjoncteurs, réalimentation du nœud aval du disjoncteur à partir d'un autre circuit, erreur de raccordement des deux armoires). Ainsi, il ne fonctionne pas uniquement avec un modèle de normalité des situations et il ne fait pas totalement confiance aux opérateurs qui sont intervenus avant lui sur le système et au fonctionnement des dispositifs techniques. Cet opérateur est en mesure de traiter des situations qui s'écartent de la situation normale, même si ici ce n'était pas suffisant.

En comparant ces deux accidents, on fait l'hypothèse qu'avec le développement de l'expérience, l'opérateur ne fonctionne pas uniquement avec un modèle de normalité des situations : il se représente des situations « anormales ». Les classes de situations qu'il se

⁴⁵ La règle précise que le contrôle d'absence de tension doit être effectué « au plus près du lieu de travail », ici sur le BAU.

représente seraient plus étendues. Par ailleurs, nous notons que l'opérateur le plus expérimenté a élaboré des moyens d'identification du risque qui, en situation, se substituent à la règle de sécurité. Dans plusieurs situations « anormales », ces moyens sont efficaces et plus précis que la règle. Mais ils se sont révélés insuffisants dans la situation traitée.

2.2.3. Dimensions des modèles des opérateurs

Nous ne reprendrons pas ici l'ensemble des dimensions des modèles des opérateurs⁴⁶. D'une part, nous nous intéresserons à certaines dimensions des représentation des situations, d'autre part, nous mettrons plus spécifiquement l'accent sur ce qui définit une situation « normale » ou « anormale » afin de préciser les « modèles de normalité » des opérateurs, dont l'intérêt est souligné par l'analyse précédente (§ 2.2.2).

2.2.3.1. Les représentations des situations

Nous nous intéressons ici plus spécifiquement à certains aspects des représentations des situations⁴⁷ impliquées dans la mise hors tension : règles de mise hors tension, notions de continuité, de sens, d'ordre, notions conceptuelles du domaine qui leur sont associées, règles de sécurité et confiance. Le tableau 2 (pages suivantes) synthétise ces résultats.

⁴⁶ Des résultats détaillés sont présentés dans Vidal-Gomel *et al.*, 1998.

⁴⁷ Un exemple détaillé est présenté dans les annexes du chapitre 4.

Tableau 2 : Synthèse des représentations des situations

	Règles de mise hors tension	Notions : continuité, sens, ordre	Ces notions articulées avec des notions conceptuelles du domaine	Règles de sécurité	Confiance	Règles de métier
A1	Zéro coupure.	Présentes 3 fois.	Intensité.	<ul style="list-style-type: none"> - Critères de non-port des gants : situations connues, faible intensité. - Moyens de substitution : faible intensité, port des gants de manutention. 		
A2	<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'eau, tout couper. - Ne pas couper tout l'immeuble pour faire un branchement. 	Présentes 1 fois.		- Contrainte : les gants gênent pour travailler sur de petits objets.	- Ne faire confiance ni aux gens ni au matériel. [« l'erreur qu'a fait l'électricien, c'est une erreur que j'avais pas imaginée. Je pensais pas que ça puisse arriver ⁴⁸ »]	

.....suite du tableau 2, page suivante.....

⁴⁸ Élément d'activité réflexive conduisant à modifier la confiance [le matériel, les gens].

Règles de mise hors tension	Notions : continuité, sens, ordre	Ces notions articulées avec des notions conceptuelles du domaine	Règles de sécurité	Confiance	Règles de métier
-----------------------------	-----------------------------------	--	--------------------	-----------	------------------

A3	<ul style="list-style-type: none"> - En journée, on peut tout couper sur certaines armoires récentes. - Quand c'est exigé et qu'il y a plusieurs sources, il faut tout couper. - Et si ce n'est pas urgent et qu'on ne peut pas tout couper, reporter en nuit. - En général tout couper ce n'est possible qu'en nuit⁴⁹. - Pour couper, il faut négocier avec l'exploitation⁵⁰. 	Présentes 2 fois.	Courant de fuite.	<ul style="list-style-type: none"> - Critères de non-contrôle d'absence de tension : circuit connu. - Critère de contrôle d'absence de tension : si le disjoncteur est éloigné du lieu d'intervention. - Critère de port des gants : faire une mesure. - Critère de non-port des gants : en général pour travailler dans une armoire. - Critère de port des lunettes de protection : quand risque de projection. - Contraintes liées au port des gants : gêne pour travailler sur de petits objets, inconfort. - Contraintes liées au port des lunettes : lourd. - Moyens de substitution : lunettes de vue. 	<ul style="list-style-type: none"> - Confiance dans les installations : toujours penser que la mise hors tension peut échouer. Il existe des installations dans lesquelles il ne faut pas avoir confiance. Quand on coupe au général et qu'on vérifie en dessous, on est hors tension. - Confiance dans les schémas : ils ne sont pas toujours à jour. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ce qui doit être fait : quand on installe un nouveau circuit, il faut modifier le repérage⁵¹. - Ce qui est fait pour les autres : diffusion de l'information sur un branchement anormal (<i>accident</i>).
----	---	-------------------	-------------------	--	--	--

⁴⁹ Période hors du transport des voyageurs.

⁵⁰ Service considéré comme un client.

⁵¹ Étiquetage du disjoncteur dans ce cas.

.....suite du tableau 2.....

	Règles de mise hors tension	Notions : continuité, sens, ordre	Ces notions articulées avec des notions conceptuelles du domaine	Règles de sécurité	Confiance	Règles de métier
A4		Présentes 3 fois.	<ul style="list-style-type: none"> - Fonctionnement des disjoncteurs. - Phase, équilibre des phases. - Différence de potentiel. 	<ul style="list-style-type: none"> - Critères de contrôle d'absence de tension partiels : sur le nœud de branchement aval d'un disjoncteur ; quand il y a plusieurs bornes, pas de contrôle sur toutes les bornes. - Critère de contrôle d'absence de tension : si panne de branchement, contrôle d'absence de tension au plus près du lieu de travail. - Critère de port des gants : quand il y a plusieurs sources. - Contraintes liées au port des gants : gêne pour travailler sur de petits objets. 		

.....suite du tableau 2.....

	Règles de mise hors tension	Notions : continuité, sens, ordre	Ces notions articulées avec des notions conceptuelles du domaine	Règles de sécurité	Confiance	Règles de métier
A5	- Couper au minimum. - S'il y a plusieurs sources, couper au minimum, c'est tout couper.	Présentes 10 fois.	- Intensité. - Courant de fuite. - Coupure de l'arc électrique. - Tension. - Clôture du circuit.			
I6		Présentes 1 fois.				

- La règle de mise hors tension « couper au minimum » formulée par l'opérateur A5 correspond à toutes les mises hors tension réalisées par les autres opérateurs dans les événements examinés. De plus, nous la retrouvons dans les protocoles de quatre opérateurs (tableau 2).

- Les notions de continuité, de sens et d'ordre sont présentes au moins une fois, parfois implicitement, dans les protocoles de tous les opérateurs. Par exemple :

L'opérateur A2 fait référence au «**sens de branchement** », pour reprendre ses termes, **coupe-circuit - compteur - disjoncteur**.

Quand on ouvre le coupe-circuit, le compteur est hors tension. La modification de cet ordre constitue une erreur de branchement. Ouvrir le coupe-circuit revient à rompre la continuité et fait référence à une propriété des réseaux électriques. Si le coupe-circuit permet de mettre le compteur hors tension, c'est parce qu'il existe une relation de continuité entre ces deux éléments

et que le compteur est en aval du coupe-circuit dans le réseau de distribution de l'énergie.

L'opérateur A4 doit mettre une armoire hors tension (nous l'avons appelée armoire B) qui est alimentée par un circuit d'une autre armoire (appelée armoire A). En décrivant la situation d'accident, il dit :

« Puisque c'était branché à l'armoire secondaire (armoire A), qui est dans **un local à côté**, on est **remonté** à l'armoire secondaire ».

« Remonter » fait bien référence à un déplacement, mais les armoires sont au même étage. L'opérateur fait donc plutôt référence à l'ordre des armoires dans le réseau et à la continuité.

L'opérateur A5 décrit tous les éléments constitutifs des circuits de puissance et de commande d'une armoire électrique, systématiquement de l'amont vers l'aval. Or, dans le dispositif en question, un élément situé en amont dans le réseau peut être implanté en bas dans l'armoire en question. Ce n'est donc pas la localisation des éléments dans l'armoire qui prime, mais le réseau de distribution organisé de l'amont vers l'aval, ce qui permet de décrire la continuité et de savoir quel élément permet la mise hors tension d'un autre, en rendant compte de l'ordre.

Ces notions sont également présentes quand un opérateur fait référence à la répartition des tâches entre deux services de maintenance.

Par exemple l'opérateur A5 :

« La traction 750 volts en continu, ça permet aux trains d'avancer, que ce soit en station, en ligne ou dans les ateliers c'est pareil. Sauf que dans les ateliers c'est suspendu à quatre mètres du sol et là c'est alimenté par un câble qu'ils branchent sur leur train, et puis nous tout ce qu'on leur doit **c'est l'alimentation trolley**. Donc **tout ce qui se passe avant, ils savent pas**, et moi **tout ce qui se passe après, je sais pas**, c'est leur partie. »

« Avant » et « après » ne se réfèrent ni à la temporalité ni à la localisation géographique. Ils se réfèrent au réseau de distribution de l'énergie : avant et après l'alimentation trolley. Ils rendent compte de l'amont et de l'aval de l'alimentation trolley, point de référence pour expliquer le partage des tâches entre les deux services.

Si le courant semble être schématisé comme un flux ayant un sens et un ordre, la continuité fait référence à une propriété des réseaux électriques : ils sont fermés ou bouclés. L'ouverture du circuit permet la mise hors tension. Un opérateur utilisant ces notions fait explicitement référence à la fermeture du circuit.

L'opérateur A5, à propos d'un point mal compris lors de l'entretien :

I⁵². — Ça retourne au transformateur ?

⁵² Interviewer.

O⁵³. — Là.

I. — Puisqu'on est en 750 et 200 sur l'armoire, au-dessus c'est un peu comme dans un PEF⁵⁴ ?

O. — Un truc tout bête : chez vous, vous avez du 200 avec un disjoncteur, il y a deux fils, si vous en prenez un et que vous branchez une ampoule au bout, elle fonctionnera pas.

I. — Alors c'est la fermeture du circuit.

O. — Voilà. **Il faut bien fermer le circuit !**

D'autres notions conceptuelles sont associées à l'ordre, au sens, à la continuité : par exemple, les notions de courant de fuite, d'intensité, de phase (tableau 2). Contrairement aux travaux de Caillot *et al.* (1993 ; 1995) et Nguyen-Xuan *et al.* (1992), qui concernent des adultes en cours de formation aux métiers de l'électricité, la schématisation en terme de flux semble s'accompagner d'une intégration des concepts du domaine.

- Un opérateur fait référence à une mise en œuvre partielle de la règle de vérification d'absence de tension. Il ne réalise qu'un contrôle local sur le ~~no~~id de branchement aval du disjoncteur coupé. Il ne contrôle pas toutes les bornes quand elles sont trop nombreuses. Pour un autre opérateur, cette même règle n'est appliquée qu'en fonction du contexte : il ne réalise pas de contrôle quand il connaît le circuit. D'autres règles de sécurité sont contextuelles : le port des gants de sécurité, le port des lunettes de protection. Et deux opérateurs disent employer des moyens de substitution : gants de manutention, lunettes de vue.

2.2.3.2. Normalité / anormalité des situations

Nous nommons « modèles de normalité » les représentations modèles des situations normales. Plusieurs dimensions des représentations des situations (schéma 6, pages précédentes) nous permettent de préciser quels sont les critères qui définissent une situation comme étant normale ou non : les réseaux et circuits, les règles de métier et la confiance. Nous reprenons les verbalisations catégorisées dans chacune des dimensions citées en repérant les expressions qui nous permettent d'identifier la normalité ou non normalité des situations. Par exemple : « il y a des installations [...] genre vite fait, mal fait ».

Nous présentons ici une synthèse des résultats de cette analyse pour préciser ce qu'est une situation « normale »⁵⁵ :

- Une situation normale comprend des dispositifs techniques dont le fonctionnement

⁵³ Opérateur.

⁵⁴ Poste éclairage force, local dans lequel sont implantées les armoires situées en tête du réseau basse tension.

⁵⁵ Le détail des résultats est présenté dans les annexes du chapitre 4.

correspond au fonctionnement nominal. Par exemple, quand on coupe un disjoncteur, la mise hors tension est effectivement réalisée. L'usure d'un élément technique peut donc contribuer à constituer une situation « anormale ».

- Les éléments d'un circuit sont placés dans le « bon ordre » du point de vue du sens de distribution de l'énergie. Ce « bon ordre » est représenté sur le schéma du dispositif. Le schéma est remis à jour. Cela implique de respecter certaines règles de métier. Par exemple, quand on branche un disjoncteur, le haut représente l'amont dans le réseau de distribution, et le bas l'aval. Des fils ne doivent pas être « repiqués » à partir de l'amont du disjoncteur. De plus, quand un électricien réalise un nouveau branchement à partir d'un disjoncteur, il doit modifier le « repérage » de ce disjoncteur, c'est-à-dire que son étiquette doit préciser quel est l'appareillage qu'il protège, ce qui permet d'identifier le circuit.

Des règles de métier et le sens de distribution de l'énergie rendent donc compte de la structure « normale » d'un dispositif technique. La structure renvoie ici au réseau de distribution de l'énergie électrique. En ce qui concerne le fonctionnement d'un dispositif technique, l'usure conduit à des dysfonctionnements qui constituent des situations anormales.

Les modèles de normalité sont donc composés d'un ensemble de critères, de règles de métier et de connaissances techniques. De plus, les opérateurs semblent se représenter la cascade de distribution de l'amont vers l'aval, avec ses différentes composantes. Le schéma d'un dispositif technique semble être un outil permettant de se construire une telle représentation. Il est sensé présenter toute modification de la structure de la cascade. La modification pouvant également être traduite par l'étiquetage des éléments du dispositif technique.

3. HYPOTHESES SUR LES DIMENSIONS DES COMPETENCES CRITIQUES

À partir de ces premières analyses, nous élaborons des hypothèses sur les dimensions des compétences critiques. Nos inférences s'appuient sur le cadre Compety.

Nous faisons l'hypothèse que les notions d'ordre, de sens, de continuité qui sous-tendent les représentations des opérateurs sont relatives à deux concepts pragmatiques : la continuité et le sens de distribution de l'énergie. Ils permettent la schématisation du réseau en terme de flux et semblent articulés à des notions conceptuelles du domaine électrique.

Ces concepts pragmatiques sont, notamment, mobilisés pour réaliser la mise hors tension. D'une part, nous faisons l'hypothèse qu'ils permettent de se représenter l'élément à mettre hors tension, et l'élément qui permet sa coupure. C'est bien parce que l'opérateur A2 se représente le « sens de branchement » comme étant : coupe-circuit, compteur, disjoncteur, qu'il ouvre le coupe-circuit et en infère que le compteur est hors tension. Le compteur est en aval du coupe-circuit et dans une relation de continuité.

Ces deux concepts pragmatiques ne sont pas sans rapport avec la représentation des erreurs latentes de branchement (situations anormales) : elles affectent la structure du réseau en modifiant l'ordre des éléments et/ou la continuité.

Si nous reprenons la comparaison entre les opérateurs A2 et A4, avec l'expérience les classes de situations que se représente l'opérateur sont plus étendues et intègrent des situations anormales. Cette extension des classes de situations seraient articulée au développement des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie. Le développement de ces concepts permet ou non de se représenter des situations anormales du point de vue de la continuité, de l'ordre des éléments dans le réseau (sens de distribution de l'énergie).

Les modèles de normalité des situations portent sur le fonctionnement et sur la structure. Les contrôles du dispositif effectués par l'opérateur A4 portent sur ces deux points : il ne fait confiance ni à l'état du disjoncteur, ni aux interventions antérieures qui sont susceptibles de modifier la structure du dispositif. Ce n'est pas le cas de l'opérateur A2. L'évolution de la confiance dans l'état des dispositifs techniques et dans le travail des autres résulterait de la confrontation à des situations anormales. Nous nous intéresserons plus particulièrement à des situations anormales du point de vue de la continuité et du sens de distribution de l'énergie, étant donné qu'elles sont susceptibles de faire échouer la mise hors tension, qui est un moyen crucial de gestion des risques électriques.

À propos de la situation d'accident, l'opérateur A5 faisait référence à une règle de mise hors tension : couper au minimum. D'une part, tous les opérateurs qui ont effectué une mise hors tension ont agi comme s'ils appliquaient cette règle, en fonction des contraintes de la situation.

D'autre part, la mise hors tension est abordée avec quatre opérateurs. Dans chacun des cas, nous retrouvons des règles de mise hors tension qui intègrent des contraintes liées à la qualité de service (entreprise 1, tableau 2) ou à la continuité de service (entreprise 2, tableau 2), qui peuvent être interprétées comme couper au minimum.

Les opérateurs semblent disposer d'un schème : organisation invariante de l'activité pour une classe de situations. Nous l'appellerons «schème de coupure ». En fonction des classes de situations — situations présentant des contraintes de continuité de service ou de qualité de service —, les opérateurs peuvent tout couper ou « couper au minimum ». Cette décision implique également l'identification du risque. « Couper au minimum », cela peut impliquer « tout couper », comme le précise l'opérateur A5, ou quand les contraintes ne permettent pas de tout couper et que l'intervention est peu urgente, il faut reporter l'intervention : de nuit on peut tout couper (opérateur A4). Comme le souligne Vergnaud (1996), ce qui est invariant, ce n'est pas l'activité elle-même mais son organisation.

À partir des travaux de Valot *et al.* (1993), on peut faire l'hypothèse que les métaconnaissances portant sur les compétences des opérateurs interviennent dans cette décision : l'opérateur évitant les situations qu'il sait ne pas maîtriser.

Enfin, ce schème serait articulé aux concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie. En effet, pour « couper au minimum », il faut se représenter le dispositif permettant la mise hors tension. Dans les accidents des opérateurs A2, A3, A4 et A5, il s'agit de l'élément de coupure qui est juste en amont et dans une relation de continuité. Pour tout couper, il faut se représenter l'ensemble du circuit, les différents sous-circuits et l'élément de coupure permettant la mise hors tension de l'ensemble : celui qui est le plus haut dans le réseau (continuité et sens de distribution de l'énergie).

Le contrôle d'absence de tension de l'opérateur A4 (couper et faire un contrôle sur le nœud de branchement aval du disjoncteur) semble également être un schème. L'opérateur le verbalise comme une organisation invariante, le met en œuvre pour chaque disjoncteur coupé. Le contrôle sur les nœuds aval du disjoncteur permet de détecter des dysfonctionnements des disjoncteurs, des erreurs latentes de branchement des disjoncteurs. Il serait alors également articulé aux concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie. Dans ce cadre, ces concepts sont également liés à celui de tension :

- Le réseau électrique est schématisé comme un flux, les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie sous-tendent cette représentation et concernent des propriétés des réseaux électriques.
- La tension (variable mesurée) et notamment deux de ces valeurs (présence, absence) sont utilisées pour faire des inférences sur la structure et le fonctionnement, par l'intermédiaire des concepts pragmatiques.

Par exemple, s'il n'y a pas de tension sur le nœud aval d'un disjoncteur coupé, cela signifie que

le disjoncteur fonctionne correctement, que le noëud de branchement n'est pas réalimenté par un autre circuit. L'opérateur (A4) en infère que tous les éléments situés en aval sont hors tension. Chacune de ces inférences s'appuie sur la continuité et le sens de distribution de l'énergie.

Dans les situations analysées, le rapport aux règles formelles de sécurité correspond aux observations de Rousseau et Monteau (1991) : certaines règles formelles ne sont appliquées qu'en fonction du contexte. C'est le cas par exemple du contrôle d'absence de tension « au plus près du lieu de travail », non mis en œuvre (l'opérateur A2) ou remplacé par des contrôles locaux (opérateur A4). Des pratiques informelles, plus ou moins efficaces, peuvent donc se substituer à la règle.

Ce n'est pas le seul cas de substitution que nous relevons : quand l'intensité est faible, l'opérateur A1 dit porter des gants de manutention plutôt que les gants de protection, l'opérateur A3 porte ses lunettes de vue plutôt que des lunettes de protection.

Nous avons fait l'hypothèse (chapitre 2) que les règles de sécurité peuvent être analysées comme des artefacts (Rabardel, 1995). Elles ne seraient pas appliquées, mises en œuvre etc., mais utilisées. Au cours du développement, plusieurs instruments peuvent être formés par les opérateurs. À partir de la règle de contrôle d'absence de tension au plus près du lieu de travail, l'opérateur A4 développe un instrument de contrôle local : la vérification en aval du disjoncteur coupé. Il semble articulé aux concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie.

Les instruments ne sont pas isolés, ils peuvent former un système (Lefort, 1982, Rabardel, 1995, 1999). Le système d'instruments développé par les opérateurs serait composé, à la fois, d'instruments développés à partir de règles formelles et d'instruments développés à partir d'artefacts « matériels » comme les gants de sécurité ou les gants de manutention, le VAT⁵⁶, le multimètre⁵⁷... Du point de vue de la sécurité, l'efficacité de ce système résiderait dans la redondance des fonctions permettant une meilleure adaptation aux caractéristiques des situations et dans l'équivalence fonctionnelle : si un instrument est substitué à la règle, il doit être fonctionnellement au moins aussi efficace.

Pour résumer :

- Les dimensions des compétences critiques concernant les modèles opératoires du risque :
 - Avec l'expérience, les classes de situations sont plus étendues, l'opérateur se représente des situations anormales. Il ne fonctionne plus uniquement avec un modèle de normalité des situations.
 - Dans les réseaux, l'électricité est schématisée sous forme de flux. Les concepts

⁵⁶ Vérificateur d'absence de tension.

⁵⁷ Outil de mesure en ohms, tension...

pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie sous-tendent ces représentations. Le développement de ces concepts permet de se représenter des situations anormales, de ce point de vue.

- Les dimensions des compétences critiques concernant les organisations de l'activité et les instruments :

- Un schème de coupure et un schème de vérification seraient articulés aux classes de situations et au développement des concepts pragmatiques.

- Les opérateurs développeraient un système d'instruments constitué à partir d'artefacts formels — VAT, multimètre, règles de sécurité — dont l'utilisation pourrait être formelle ou non, et de nouveaux instruments, informels, seraient élaborés. Ainsi l'opérateur disposerait d'un ensemble de moyens permettant de jouer sur la redondance des fonctions. L'efficacité de ce système résiderait dans l'élaboration d'instruments fonctionnellement aussi efficaces que les règles de sécurité et d'instruments fonctionnant comme des savoir-faire de prudence, qui complèteraient les fonctions des règles. Ces instruments seraient articulés aux deux concepts pragmatiques.

Le schéma 8 (pages suivantes) synthétise ces hypothèses sur les principales dimensions des compétences pour la mise hors tension et leurs relations.

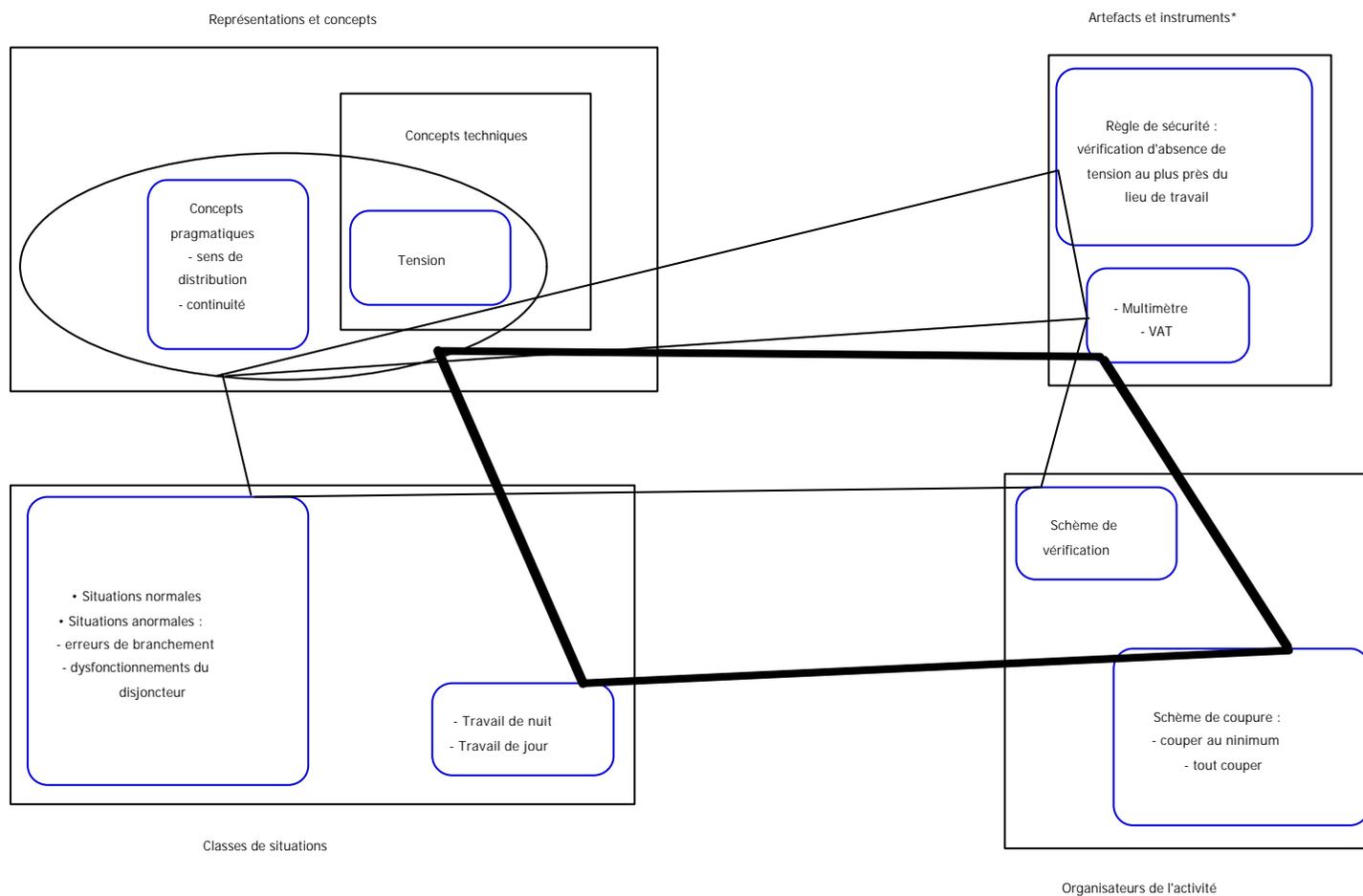
Nos analyses ne sont pas exhaustives, elles sont centrées sur une tâche critique pour la gestion des risques électriques (la mise hors tension) et sur les compétences qui permettent de la réaliser. Il s'agit d'identifier des compétences critiques — elles « caractérisent un domaine d'expertise » et constituent un « noyau de professionnalité propre à un métier » (Pastré, 1999 c, p. 120) — pour la gestion des risques.

Nos analyses sont centrées sur les erreurs latentes de branchement : elles constituent un enjeu majeur de la fiabilité des systèmes, et ne sont identifiables qu'à partir d'analyses a posteriori : elles ne peuvent être détectées qu'une fois qu'elles sont activées (Reason, 1993 ; 1997). De ce fait, elles constituent un élément important de la gestion du risque par l'opérateur, qui repose en grande partie sur ses compétences. Dans la lignée des travaux d'Amalberti (1996, 1998), on peut en effet considérer qu'une caractéristique de l'expertise est bien plus la capacité à détecter et à récupérer les erreurs que l'absence d'erreurs. L'auteur fait référence aux erreurs produites par l'opérateur lui-même. Ici, il s'agit d'erreurs commises par d'autres, antérieurement à son intervention. De plus, les erreurs latentes de branchement sont susceptibles de faire échouer une mise hors tension, tâche critique pour gérer les risques dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques.

Nos hypothèses sur ces différentes dimensions des compétences critiques seront examinées à partir de l'analyse de l'activité dans une simulation, que nous présentons au chapitre 5. Il s'agit d'une étude transversale ; ce qui nous permettra d'examiner le développement de ces différentes

dimensions des compétences ; point sur lequel l'analyse des accidents est peu informative. Elle nous permet en outre d'aborder de façon plus précise les stratégies de diagnostic impliquées dans la gestion des risques ; ce qui n'était pas possible dans cette première partie d'analyse.

Schéma 8 : Hypothèses sur les différentes dimensions des compétences pour effectuer une mise hors tension



Relations entre les dimensions des compétences :
 - Classe de situations : travail de jour / de nuit
 - Classe de situations : situations normales / anormales

* Nous nous référons ici uniquement aux artefacts