

PARTIE III

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

Au terme des analyses d'accidents et d'incident (chapitre 4), nous avons émis des hypothèses sur les différentes dimensions des compétences mobilisées pour effectuer une mise hors tension, tâche critique pour la gestion des risques électriques. Nous les complétons ici pour aborder le développement des compétences et préciser les stratégies de diagnostic des opérateurs. Cette troisième partie a pour objectif de tester ces hypothèses. Dans cet objectif, une situation de simulation est élaborée. Les résultats seront analysés selon trois axes : le développement des compétences, les stratégies de diagnostic, le rapport aux règles de sécurité.

Cette partie est composée de cinq chapitres :

- Chapitre 5 : Élaboration d'une situation de simulation.
- Chapitre 6 : Le développement des compétences pour la gestion des risques.
- Chapitre 7 : Les stratégies de diagnostic de mise hors tension.
- Chapitre 8 : Rapport aux règles de sécurité et systèmes d'instruments.
- Chapitre 9 : Synthèse et discussion des résultats de la simulation.

CHAPITRE 5

ELABORATION D'UNE SITUATION DE SIMULATION

Les analyses d'accidents et d'incident nous avaient permis d'élaborer un premier ensemble d'hypothèses sur les compétences mobilisées pour effectuer la tâche critique de mise hors tension. Nous complétons ces hypothèses, notamment parce que nos premières analyses ne permettaient pas d'aborder le développement des compétences et restaient insuffisantes pour caractériser plus précisément les stratégies de diagnostic impliquées dans la gestion des risques. Ce chapitre a pour objectif de présenter la situation de simulation élaborée pour tester nos hypothèses. Elle s'appuie sur la transposition de dimensions des situations d'accidents et d'incidents : nécessité de réaliser une mise hors tension, présence d'une erreur latente de branchement mettant en échec cette opération, schémas du dispositif non remis à jour. Vingt-trois opérateurs et trois formateurs ont accepté de participer à cette simulation.

À l'issue des analyses d'accidents et d'incident¹, nous considérons que la mise hors tension est une tâche critique pour la gestion des risques électriques. Nous nous intéressons donc aux compétences qui sont mobilisées pour la réaliser.

Nous considérons comme compétences critiques les compétences qui permettent de faire face à des situations comportant des erreurs latentes de branchement qui mettent en échec la mise hors tension.

Plusieurs hypothèses sur les différentes dimensions de ces compétences ont été émises. Nous les rappelons ici brièvement :

- Les modèles opératoires du risque sont composés de représentations modèles des situations normales (modèle de normalité) et de deux concepts pragmatiques : la continuité et le sens de distribution de l'énergie. Avec l'expérience, ces concepts permettent de mieux se représenter des situations anormales du point de vue de la continuité et du sens de distribution de l'énergie. Les classes de situations que se représentent les opérateurs sont alors plus étendues.

- Les opérateurs disposeraient d'un schème de coupure et d'un schème de vérification, articulés au développement des classes de situations et au développement des concepts pragmatiques.

- Les opérateurs développeraient un système d'instruments constitué à partir d'artefacts formels — outils de mesure, règles de sécurité — dont l'utilisation pourrait être formelle ou non, et de nouveaux instruments, informels, seraient élaborés. 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.

Les analyses d'accidents et d'incident restent insuffisantes pour caractériser plus précisément les stratégies de diagnostic impliquées dans la gestion des risques professionnels et ne permettent pas d'appréhender le développement des compétences.

Dans le domaine du diagnostic de panne, différents auteurs (dont Konradt, 1995 ; Rasmussen, 1986) ont montré que les stratégies des novices diffèrent de celles des experts. Les novices mettent plutôt en œuvre des stratégies topographiques, les experts disposent d'un répertoire plus étendu. À partir des travaux de Patrick (Patrick, 1989, 1993 ; Patrick, Munley, 1997) et des analyses d'accidents et d'incident, nous pouvons faire l'hypothèse² que des stratégies de diagnostic privilégiant l'information structurelle pourraient être particulièrement efficaces. Elles pourraient s'appuyer sur une schématisation de la structure en terme de flux, sous-tendue par les concepts pragmatiques de continuité et de sens de

¹ Chapitre 4.

² Chapitre 3.

distribution de l'énergie. La caractérisation des stratégies de diagnostic, en nous s'intéressant aux concepts pragmatiques, devrait nous fournir des éléments d'information sur le développement des stratégies. En effet, d'après Pastré et Samurçay (Pastré, 1997, 1999 a et b ; Samurçay, Pastré, 1995 ; Samurçay, 2000), celui-ci repose sur le développement des concepts pragmatiques : l'étendue du réseau de leurs relations avec les variables observables, mesurées du système.

À partir de la littérature, nous pouvons préciser que l'expérience est déterminante pour le développement des compétences, bien qu'elle ne soit pas suffisante en soi (Sonntag *et al.*, 1998, Bouthier *et al.*, 1995) pour élaborer des compétences critiques, qui caractérisent les experts. Mhamdi (1998) montre que le taux d'accidents du travail diminue en fonction de l'expérience au poste de travail, quelle que soit l'expérience du métier, pour une population d'électriciens. Ainsi, l'expérience au poste de travail apparaît comme une variable déterminante de la gestion des risques professionnels. Nous examinerons le développement des différentes dimensions des compétences critiques en fonction de deux variables : expérience du métier et expérience au poste de travail.

Nous avons élaboré une situation de simulation pour tester ces hypothèses. Nous présentons la méthode utilisée pour comparer des opérateurs ayant des types et des degrés d'expérience différents, pour élaborer une situation de simulation, pour traiter les protocoles.

1. APPRÉHENDER LE DÉVELOPPEMENT DES COMPÉTENCES

Le développement peut être analysé en utilisant soit une méthode longitudinale, soit une méthode transversale.

Mettre en œuvre une méthode longitudinale consiste à s'intéresser à un ou plusieurs sujets, étudiés à plusieurs reprises, sur un long temps (Rossi, 1999). On suit ainsi l'évolution d'une ou plusieurs personnes sur une longue durée en fonction de son âge, de l'évolution de son expérience...

Elles permettent de décrire fidèlement l'évolution, de déceler des facteurs de changement, de continuité, de s'intéresser aux différences individuelles. Par exemple, Duvenci-Langa (1997) s'intéresse au développement des compétences d'un seul opérateur sur une période de deux ans. Il s'agit d'un opérateur expérimenté dans la conduite de machine-outils à commandes manuelles qui doit apprendre à conduire une machine-outil à commandes numériques, pour des tâches identiques.

En revanche, ce type de méthode est coûteux en temps et, dans le domaine du travail, nécessite des conditions particulières d'accès au terrain, aux sujets. Aussi, les études longitudinales sont extrêmement rares en psychologie ergonomique ou en ergonomie. Pour pouvoir s'intéresser au développement d'opérateurs en formation et au cours de leur vie professionnelle, il aurait alors été nécessaire de suivre un ou plusieurs opérateurs depuis leur

formation sur plusieurs années, ce qui est coûteux en temps, mais également risqué quand il s'agit de l'expérience professionnelle, étant donné les alternances de périodes de travail et de chômage, le risque que certains opérateurs ne travaillent pas dans leur domaine de formation ou, plus généralement, le risque de perdre le contact avec plusieurs sujets.

La méthode transversale consiste à comparer des sujets d'âges ou d'expériences différents à un même moment dans le temps (Rossi, 1999). Ce type de méthodes nous est apparu plus approprié pour aborder le développement sur une très longue période : depuis la formation professionnelle jusqu'à plus de neuf ans d'expérience. En revanche, les études transversales sont moins fidèles pour décrire l'évolution et ne permettent que de différencier différents moments du développement.

Concernant les situations de travail, certaines études développementales utilisent des situations de mutation : modification de l'organisation du travail, automatisation... Elles permettent d'observer des microgenèses en s'intéressant aux ruptures, aux filiations (Pastré, 1997, 1999 a, 1999 c). Par exemple, le travail de Galinier (1997) s'inscrit dans le cadre de l'automatisation des boîtes de vitesses. Ses observations portent sur une genèse instrumentale : confrontés à un nouvel artefact, les opérateurs adaptent des schèmes d'utilisation antérieurement élaborés, en élaborent de nouveaux...

Nous ne cherchons pas à identifier une microgenèse, mais les compétences dont disposent déjà les opérateurs pour traiter la situation.

Nous utiliserons une méthode transversale, qui consiste à comparer des opérateurs ayant des types et des degrés d'expérience différents. Ils sont observés une fois, lors de la réalisation d'une tâche, dans une situation de simulation, dont nous présenterons l'élaboration.

La variable « expérience », que nous avons retenue pour comparer différents groupes d'opérateurs, doit être précisée.

D'une part, l'exercice de l'activité de travail permet le développement des compétences, même si elle n'est pas suffisante en soi (Sonntag *et al.*, 1998, Bouthier *et al.*, 1995). Nous retenons donc l'expérience comme variable. Des opérateurs de différents degrés d'expérience sont comparés : opérateurs en formation en alternance, opérateur ayant peu d'expérience (2 ans) et opérateurs expérimentés (9 ans) participent à la simulation.

D'autre part, l'expérience du métier n'est pas suffisamment discriminante et, pour la gestion des risques professionnels, l'expérience au poste de travail est déterminante (Mhamdi, 1998). Nous retenons également cette variable.

Au moment où nous réalisons la simulation, une réorganisation de la maintenance des systèmes électriques de l'entreprise était en cours. Les opérateurs, jusque-là spécialisés dans un domaine d'activité précis — électromécanique ou réseau de distribution de l'énergie, par exemple —, devaient dorénavant intervenir dans les différents domaines.

La tâche de simulation proposée concerne la maintenance du réseau de distribution de l'énergie. Des opérateurs qui avaient une expérience importante du métier (9 ans) et pour ce type de tâches et des opérateurs ayant une expérience du métier (9 ans) mais peu du type de tâche (2 mois) ont participé à cette simulation. Ces derniers avaient un « champ d'expérience » qui ne correspondait pas à la tâche proposée. Il s'était constitué dans un domaine d'activité voisin : la maintenance des systèmes électromécaniques.

Cette situation nous a offert la possibilité d'explorer les effets de ces variables (expérience du métier et champ d'expérience) sur le développement des compétences pour la gestion des risques professionnels.

La notion de « champ », empruntée à Savoyant (1999), nécessite quelques éclaircissements. D'après Savoyant, le « champ » des compétences d'un sujet est notamment défini par les référentiels des activités professionnelles qui s'appuient sur une « analyse de l'activité en termes de buts » et listent des « actions-performances que l'individu sait (ou doit apprendre à) faire » (p. 184). Par « champ d'expérience » nous faisons référence au domaine d'activités dans lequel un opérateur a acquis son expérience. Le domaine d'activités est défini par Rabardel et Samurçay (1995) de la façon suivante : « 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 ».

Le tableau 3 présente les différents groupes de sujets participant à la simulation et résume ces variables.

Tableau 3 : Population participant à la simulation

	Nombre d'opérateurs	Expérience au poste	Expérience du métier	Niveau de qualification	Statut dans l'entreprise
Groupe 1	3			2 ^e année BEP	Formation en alternance
Groupe 2	4	E 2 ans	E 2 ans	BEP	Agent de maintenance
Groupe 3	8	E 2 mois	5 ans < E 9 ans	BEP	Agent de maintenance
Groupe 4	8	5 ans < E 9 ans	5 ans < E 9 ans	BEP	Agent de maintenance

E signifie expérience.

Les opérateurs du groupe 1 sont les moins expérimentés. Les opérateurs des groupes 3 et 4 ont une expérience professionnelle comparable, et supérieure à celle des opérateurs du groupe 2. Par contre, les opérateurs du groupe 2 ont une expérience au poste plus importante que ceux du groupe 3. Les opérateurs du groupe 4 sont les plus expérimentés : ils ont, à la fois, une expérience du métier et au poste de travail.

2. LA SIMULATION

Les analyses d'accidents et d'incident que nous avons précédemment réalisées mettent en évidence des difficultés rencontrées par les opérateurs lors des opérations de mise hors tension. Dans ces situations, l'opérateur intervient pour réaliser un dépannage, c'est sa mission principale. La réalisation de cette mission peut nécessiter, pour des raisons de sécurité, de mettre hors tension le dispositif sur lequel il doit intervenir. L'opération de mise hors tension est alors un sous-but. C'est lors de la réalisation de ce sous-but que les opérateurs sont confrontés à certaines difficultés. Elles apparaissent, notamment, dans des situations que l'on peut qualifier d' « anormales » du point de vue de la continuité et du sens de distribution de l'énergie, et peuvent conduire à la production d'un accident.

On peut résumer ces situations de la façon suivante : une erreur de branchement a été commise antérieurement à l'intervention de l'opérateur. Elle concerne la cascade d'alimentation (structure). Celle-ci ne correspond plus à une situation « normale » du point de vue de la continuité et du sens de distribution de l'énergie. De sorte qu'au cours de la réalisation de son activité l'opérateur croit avoir mis hors tension tout ou partie du circuit sur lequel il intervient, alors que ce n'est pas le cas du fait de l'erreur de branchement. Dans les situations analysées, les opérateurs n'ont pas été en mesure de le détecter. L'opérateur peut ainsi prendre des fils à pleines mains, les croyant hors tension, et être électrisé ou électrocuté. Par ailleurs, dans ce

type de situation, les schémas du dispositif sont soit absents, soit non remis à jour ou erronés.

Ces situations présentent des caractéristiques communes qui vont nous permettre de constituer une « situation de référence » afin d'élaborer une situation de simulation.

Samurçay et Rogalski (1998), Samurçay (à paraître) nomment « situation de référence » « la classe des situations de travail qui, dans le processus de formation, sont la cible du développement des compétences » (1998, p. 336).

La simulation n'est pas ici utilisée dans un objectif didactique. Elle est un moyen facilitateur du recueil des données, comme Pastré (1999 a) le note à propos de ses travaux dans le domaine de la conduite de machine. Elle peut être qualifiée de « simulation de situation » (Van Daele, 1997) par opposition à une simulation à visée didactique. « Situation de référence » renvoie ici à la classe des situations de travail qui nécessitent de mobiliser des compétences critiques, entendues comme celles qui caractérisent les experts (Vergnaud, 1996 ; Pastré, 1999 a), pour réaliser efficacement la mise hors tension d'un dispositif technique en présence d'une erreur de branchement. Cette erreur conduit à l'échec de la mise hors tension si l'opérateur met en œuvre une procédure fondée uniquement sur le traitement des situations « normales ».

L'élaboration de la situation de simulation repose alors sur la transposition des caractéristiques communes à ces situations :

- L'opérateur doit réaliser une opération de mise hors tension.
- La situation comporte une erreur latente de branchement.
- Les schémas du dispositif ne sont pas à jour.

Centrée sur un sous-but des tâches de maintenance corrective, la simulation proposée est un « découpage » des situations réelles de travail (Samurçay, Rogalski, 1998).

2.1 LE DISPOSITIF TECHNIQUE UTILISÉ

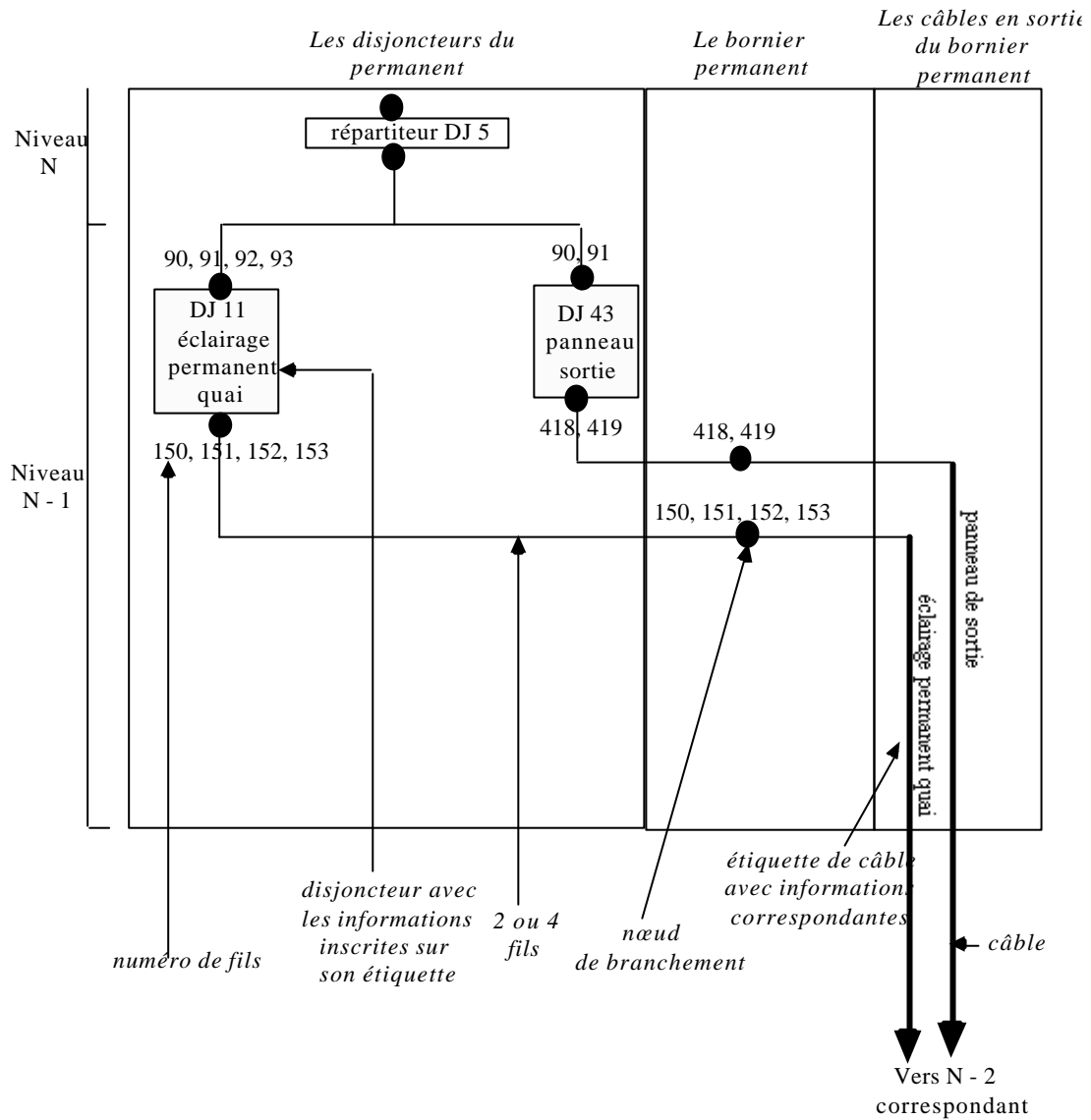
Le dispositif technique utilisé³ pour la simulation est composé de deux armoires électriques — armoire de distribution et coffret de quai — situées dans une station désaffectée de la RATP, qui est habituellement utilisée pour la formation. L'armoire principalement utilisée pour la simulation est le coffret de quai. Il est composé de deux types de circuits électriques, qui constituent deux « branches » : la branche « confort » et la branche « permanent ». Seule la branche « confort » peut être mise hors tension en période de transport des voyageurs, la branche « permanent » alimentant des dispositifs impliqués dans la sécurité et la sûreté du transport des voyageurs.

³ L'ensemble du dispositif technique est présenté de façon détaillée dans les annexes du chapitre 5.

Sur le coffret de quai, chaque circuit du « permanent » ou du « confort » est composé d'un disjoncteur, de nœuds de branchement, de fils et de câbles regroupant plusieurs fils. Les disjoncteurs sont répartis de la façon suivante : ceux qui appartiennent à la branche « permanent » sont en haut et étiquetés en rouge ; ceux qui concernent la branche « confort » sont en bas et étiquetés en noir.

Un circuit de la branche « permanent » du coffret de quai, qui concerne le panneau lumineux de sortie, est l'objet de la mission confiée ici à l'opérateur. Le schéma 9 (ci-après) ne représente que les circuits du coffret de quai qui sont directement impliqués dans la tâche de simulation.

Schéma 9 : Détail du coffret de quai, dans une configuration normale



Le schéma 9 est un schéma unifilaire. Quand quatre numéros de fils sont notés, le trait doit être interprété comme représentant 4 fils. Un bornier est un élément qui assure la connexion. L'ensemble du coffret est présenté dans les annexes du chapitre 5.

Dans une configuration normale, tous les disjoncteurs sont branchés en parallèle à partir du niveau N⁴ (schéma 9). Tous les disjoncteurs disposent d'une étiquette sur laquelle sont inscrits le numéro du disjoncteur et le nom du dispositif technique alimenté appartenant à ce circuit. Le nom de ce même dispositif est inscrit sur l'étiquette du câble de ce même circuit, situé à la sortie du bornier permanent.

Ce sont les seules informations disponibles si l'opérateur n'enlève pas les caches, nommés « plastrons » — le schéma 9 présente le coffret sans ces caches. En enlevant des caches (plastrons), l'opérateur a accès à d'autres informations : il peut voir les nœuds de branchement, les numéros des fils, et partiellement les fils eux-mêmes. Pour voir complètement les fils, il faut enlever d'autres caches, nommés « goulottes ».

Sur les nœuds de branchement amont de tous les disjoncteurs N — 1, le neutre est numéroté 90 et les phases sont numérotées de 91 à 93. Il s'agit d'une règle invariante de « repérage⁵ » pour les coffrets de quai. Sur les nœuds de branchement aval des disjoncteurs, les fils portent chacun un numéro qui est repris pour un même fil au bornier. Pour un même circuit, la numérotation des fils se suit — 418-419, ou de 150 à 153, par exemple (schéma 9). Il s'agit également d'une règle invariante de « repérage ».

Ces numérotations, appellations et branchements sont identiques pour tous les coffrets de quai. La seule différence peut porter sur l'existence d'un disjoncteur spécifique pour le panneau de sortie. En effet, sur certains coffrets de quai, le panneau de sortie est rajouté à l'un des circuits de l'éclairage du quai : soit le circuit de l'éclairage permanent du quai — le disjoncteur serait alors celui qui est étiqueté « éclairage permanent du quai » (schéma 9) —, soit le circuit de confort de l'éclairage du quai — le disjoncteur serait celui de l'éclairage confort du quai (non représenté sur le schéma 9).

2.2. LA SITUATION SIMULÉE

Nous nous appuyons sur les analyses d'accidents et d'incident pour élaborer la situation simulée. Sur cette base, nous retenons les caractéristiques suivantes comme composantes de la situation de référence : nécessité de réaliser le sous-but de mise hors tension, erreur latente de branchement mettant en échec les opérations de mise hors tension qui sont efficaces dans une situation « normale », non-remise à jour des schémas. Ces différentes caractéristiques sont transposées dans la situation simulée.

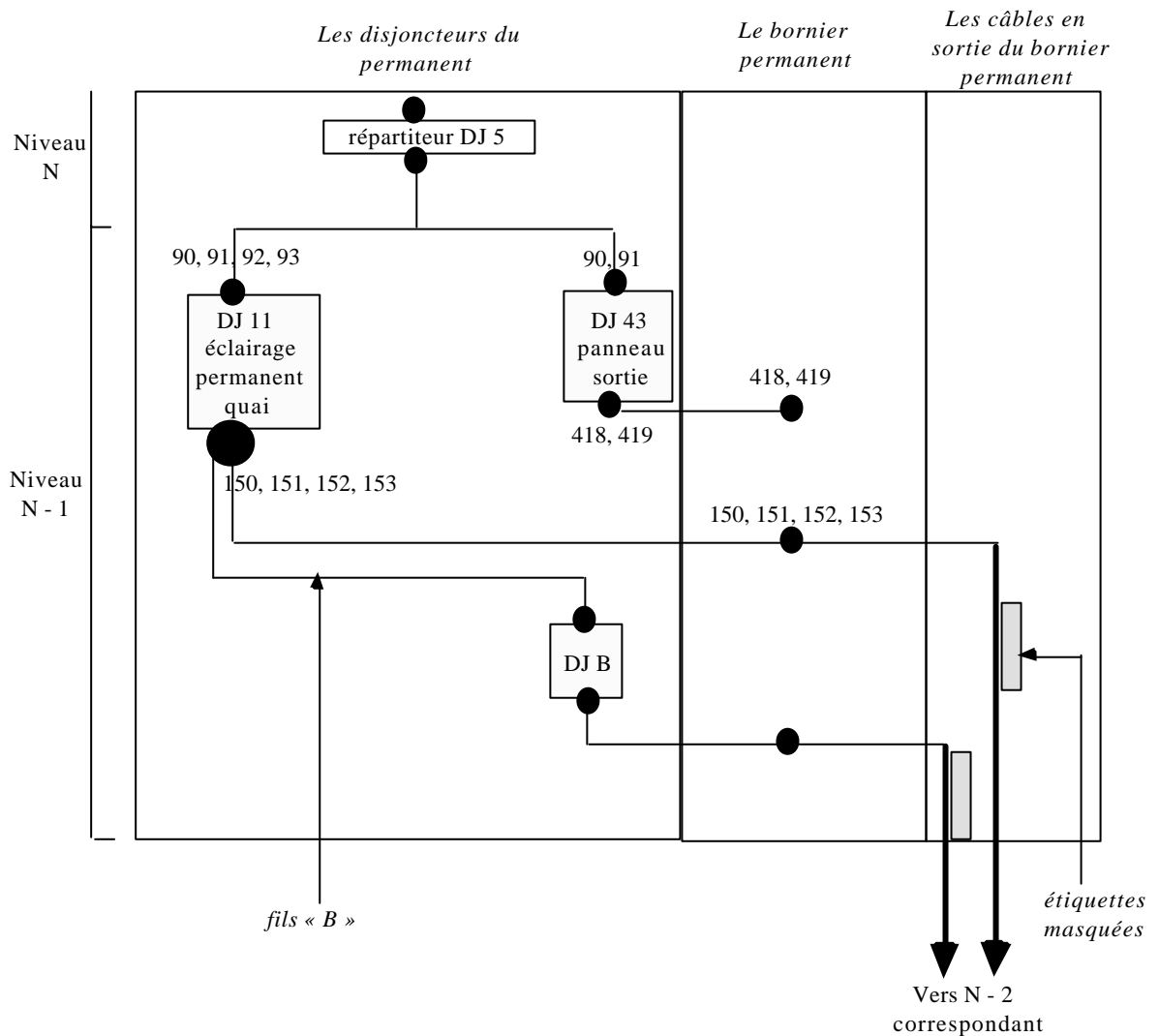
⁴ L'ensemble de la cascade de distribution et sa hiérarchisation sont présentés dans les annexes du chapitre 5.

⁵ Etiquetage.

2.2.1. La transposition de l'erreur de branchement

L'erreur de branchement est élaborée sur le coffret de quai, au niveau N + 1 de la cascade de distribution du coffret de quai (schéma 10).

Schéma 10 : L'erreur de branchement élaborée sur le coffret de quai



Sur ce schéma, nous ne redéfinissons pas la légende. Elle est identique à celle du schéma 9. Par souci de clarté, nous avons choisi de mettre l'accent sur l'erreur de branchement. Elle est constituée de l'absence de branchement en aval du nœud 418-419 du bornier permanent, du branchement en série des disjoncteurs DJ 11 et DJ B, des fils B. Les éléments nommés « B » ne disposent d'aucun code, numérique ou alphanumérique, et ne sont pas représentés sur le schéma électrique du dispositif.

Pour élaborer l'erreur de branchement, nous avons utilisé pour partie une anomalie

existante. Un disjoncteur non étiqueté et non représenté sur le schéma du dispositif était branché en série à partir du disjoncteur d'éclairage permanent du quai (DJ 11, schéma 10). Les fils constitutifs de ce branchement « anormal » n'étaient numérotés ni au niveau des nœuds de branchement du disjoncteur ni au niveau du bornier.

Le circuit de l'éclairage permanent du quai présentait donc une erreur de branchement constituant un sous-circuit, que nous appelons « B ». Il était composé d'un disjoncteur et de fils, appelés « B ».

Ce sous-circuit n'était relié à rien au niveau du bornier, autrement dit aucun dispositif technique n'appartenait à ce sous-circuit. Nous y avons fait correspondre le câble du panneau de sortie. De sorte que le circuit du panneau de sortie devient un sous-circuit de l'éclairage permanent du quai. Il est dès lors composé, de l'amont vers l'aval, du disjoncteur d'éclairage permanent du quai (DJ 11), des fils B, du disjoncteur DJ B, des fils B, d'un nœud de branchement au bornier permanent et d'un câble rejoignant le panneau de sortie.

Pour éviter que l'opérateur ne puisse identifier l'erreur de branchement uniquement en suivant les fils à partir des câbles, de l'aval vers l'amont, trois étiquettes de câble ont été masquées. Deux concernent directement l'erreur de branchement : les étiquettes indiquant l'éclairage permanent du quai (circuit du DJ 11) et le panneau de sortie. Une troisième étiquette est masquée au hasard.

Ainsi, l'opérateur ne dispose d'aucune des informations existant sur les coffrets pour identifier les éléments constitutifs du circuit concerné par l'erreur de branchement. Ce qui correspond à des coffrets existants, de génération antérieure, dont les éléments ne sont pas repérés.

Par ailleurs, l'erreur de branchement n'est pas représentée sur le schéma de dispositif. En situation réelle, ils sont rarement remis à jour. De la Garza (1999) note cette même caractéristique pour la maintenance des systèmes électriques à la SNCF.

2.2.2. Le scénario

La consigne suivante est donnée aux opérateurs :

« Sur le quai 1, le panneau lumineux de sortie est éteint, une première équipe est intervenue et a constaté que le porte-fusibles interne du caisson est cassé. Ne disposant pas de cette pièce, elle fait un signalement pour une réparation ultérieure. Vous arrivez sur le site avec la pièce et vous devez faire le remplacement. Nous vous demandons de procéder comme vous le faites habituellement. »

Sur place, l'opérateur peut constater que l'éclairage de secours du panneau de sortie fonctionne, mais non l'éclairage habituel. La panne et les symptômes sont simulés à l'aide d'un fusible défectueux : les néons de l'éclairage habituel sont éteints, l'éclairage de secours a pris

le relais, le nœud de branchement amont du porte-fusibles est sous tension, et le nœud aval hors tension. Ce qui simule un défaut du porte-fusibles.

L'opérateur n'a donc pas à réaliser un diagnostic de panne. La cause est déjà identifiée. Il doit juste réaliser le remplacement d'un élément du panneau de sortie.

La consigne transpose des caractéristiques des situations de travail. Une équipe de maintenance est appelée sur un site, suite à un constat de panne. Ce constat est réalisé en général par des opérateurs non électriciens. Leur constat, plus ou moins précis et détaillé, ne facilite pas toujours le diagnostic préalable des équipes de maintenance. Par ailleurs, différents types et générations de dispositifs techniques coexistent dans l'entreprise, et les pièces ne sont pas toujours standardisées. Il peut donc arriver que la première équipe de maintenance pose le diagnostic de panne, mais ne puisse pas effectuer elle-même la réparation. Lorsqu'elle revient à son « attachement », elle signale le fait. Une seconde équipe réalise ultérieurement la réparation. Dans la simulation, l'opérateur a le rôle de cette seconde équipe.

Le remplacement du porte-fusibles nécessite de mettre le panneau de sortie hors tension. La procédure attendue est la suivante : identification et localisation du disjoncteur appartenant au circuit du panneau de sortie (DJ 43), coupure du disjoncteur.

Une règle de sécurité prescrit que le contrôle de la mise hors tension doit être réalisé « au plus près du lieu de travail », c'est-à-dire ici sur le porte-fusibles du panneau de sortie. L'opérateur doit réaliser ce contrôle et détecter que ce porte-fusibles est toujours sous tension.

Il doit ensuite réaliser une activité de diagnostic pour identifier le(s) disjoncteur(s) qui permet(tent) réellement la mise hors tension.

Nous considérons que le but est atteint dès que l'un des deux disjoncteurs est identifié : le disjoncteur de l'éclairage permanent du quai (DJ 11) ou le disjoncteur DJ B (schéma 10).

Étant donné que le dispositif est sous tension, et que nous avons transposé une erreur latente de branchement potentiellement accidentogène, un formateur est systématiquement présent pendant la simulation. Trois formateurs se sont relayés pour assurer cette présence, en fonction de leurs propres contraintes de travail (cf. annexes du chapitre 5).

Leur rôle est d'assurer la sécurité des opérateurs et de les aider à traiter le problème, en fonction de leurs besoins. Par ailleurs, étant donné les spécificités, notamment techniques, de la simulation par rapport à une situation réelle de travail, nous avons prévu qu'ils pourraient être amenés à fournir certaines informations. Elles sont détaillées en annexe (cf. annexes du chapitre 5). Ces différentes interventions des formateurs, qui relèvent de l'aide au traitement du problème ou de la gestion de la simulation, seront différenciées dans notre codage des activités des formateurs (§ 1.3.2.2.).

2.3. ANALYSE DE LA TÂCHE DE L'OPÉRATEUR

2.3.1. Les actions de mise hors tension

Pour mettre hors tension le panneau de sortie afin de remplacer le porte-fusibles, l'opérateur peut soit ouvrir un disjoncteur, soit débrancher des fils, dont il fait l'hypothèse qu'ils sont en amont du porte-fusibles. Enlever le fusible du panneau de sortie n'est pas pertinent puisque le remplacement du porte-fusibles nécessite d'intervenir sur ses nœuds de branchement, dont un resterait alors sous tension.

L'ouverture du disjoncteur est réalisée en abaissant la manette. Débrancher des fils situés en amont du porte-fusibles est une opération qui comporte un risque que l'opérateur doit être en mesure de gérer (ces fils sont sous tension). Cela implique de les débrancher sans entrer en contact avec la partie conductrice des fils (risque d'électrisation ou d'électrocution) et sans que les parties conductrices des deux fils entrent en contact (risque de flash électrique pouvant brûler l'opérateur).

Dans la simulation, en fonction du moment où était prise cette décision, nous avons soit réorienté l'opérateur, soit laissé la décision de l'interdire au formateur présent.

2.3.2. Les informations pertinentes pour réaliser la tâche

L'opérateur doit élaborer un diagnostic pour identifier le disjoncteur qui permet la mise hors tension du panneau de sortie.

Dans un premier temps, il devrait réaliser une activité correspondant à une situation « normale ». La mise hors tension nécessite de localiser le disjoncteur dont l'étiquette présente le nom du dispositif « panneau de sortie », et de couper ce disjoncteur.

Il doit ensuite contrôler la réalisation effective de la coupure et détecter que le porte-fusibles du panneau de sortie est toujours sous tension.

Enfin, il doit élaborer un diagnostic lui permettant de localiser le « bon disjoncteur » pour réaliser la mise hors tension, dans une situation que l'on peut qualifier d'anormale.

Pour réaliser ces activités, l'opérateur peut prendre des informations structurelles ou fonctionnelles, certaines sont directement accessibles (les étiquettes apposées sur les câbles, fils...), d'autres nécessitent d'effectuer des mesures (en volts, en ohms)⁶.

Une stratégie efficace pour localiser l'erreur de branchement et identifier le « bon disjoncteur » pourrait consister à vérifier tous les nœuds de branchement du circuit du panneau de sortie, en prenant des informations visuelles et/ou en réalisant des mesures.

⁶ Détails, annexes du chapitre 5.

Ce qui permet d'identifier des anomalies (les fils B situés au bornier ne sont pas numérotés, par exemple). À partir d'une anomalie identifiée, l'opérateur peut diriger sa recherche soit vers l'amont (vers les disjoncteurs, pour reprendre le même exemple), soit vers l'aval (vers le panneau de sortie).

Dans le cas d'une telle stratégie, l'opérateur mobilise à la fois un modèle de normalité lui permettant de repérer une anomalie et les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie — ils sous-tendent la représentation du circuit et la recherche vers l'amont et/ou l'aval.

2.3.3. Les règles de sécurité à mettre en œuvre

Au cours de la réalisation de la tâche, l'opérateur doit mettre en œuvre plusieurs règles formelles de sécurité. Pour les décrire, nous nous appuyerons sur le « Carnet de prescriptions au personnel d'EDF-GDF » (1991) qui fournit davantage de précisions que la publication UTE C 18-510⁷ (1991).

Trois chapitres de ce manuel nous intéressent ici : « Interventions du domaine BT⁸ » (p. 135-150), « Manœuvres, mesurages, essais et vérifications » (p. 191-163), « Matériel de protection individuel et collectif, et outillage électrique » (p. 187-202), dont nous retenons les points suivants :

La tâche à réaliser est une « intervention de dépannage ». Elle est définie comme comportant trois étapes successives :

1. La recherche et la localisation des défauts.
2. L'élimination du (des) défaut(s), la réparation ou le remplacement de l'élément défectueux.
3. Les réglages et vérifications du fonctionnement de l'équipement.

Les étapes 1 et 3 peuvent être réalisées en présence de tension, alors que l'étape 2 doit être réalisée obligatoirement hors tension. L'étape 1 correspond à une activité de diagnostic de panne, l'étape 2 au dépannage proprement dit, l'étape 3 au contrôle. L'étape 1 n'existe pas dans la simulation.

L'étape 2 nous intéresse plus particulièrement puisqu'elle comporte la mise hors tension du dispositif.

« Les opérations relatives à l'étape 2 [...] ne doivent être entreprises qu'après consignation de l'équipement, en respectant les règles des travaux hors tension » (p. 142).

⁷ La publication UTE C 18-510 (1991) est le recueil officiel des règles formelles de sécurité qui s'appliquent à toutes les activités électriques. Partant de cette base, le « Carnet de prescriptions au personnel d'EDF-GDF » (1991) est plus précis et plus clair.

⁸ Basse tension.

Cette consignation est une procédure composée de quatre étapes (p. 76) :

1. « Séparation de l'ouvrage des sources de tension » : ouverture d'un disjoncteur pour ce qui nous concerne.
2. « Condamnation en position d'ouverture des organes de séparation » : pose d'un cadenas maintenant la manette du disjoncteur dans sa position ouverte et pose d'une signalisation (petite pancarte) indiquant que l'organe ne doit pas être manœuvré.
3. « Sur le lieu de travail, identification de l'ouvrage pour être certain que les travaux seront bien exécutés sur l'ouvrage ainsi mis hors tension » : sont cités, à titre d'exemple, la consultation des schémas, la connaissance des ouvrages, l'identification visuelle lorsqu'on peut suivre le circuit.
4. « Vérification d'absence de tension » : « Dans tous les cas, la vérification d'absence de tension, aussi près que possible du lieu de travail, doit être effectuée sur chacun des conducteurs actifs, y compris, le neutre, à l'aide d'un dispositif spécialement conçu à cet effet et répondant aux normes en vigueur » (p. 82).

Le dispositif dont il est question est le vérificateur d'absence de tension (VAT⁹). Les appareils de mesure¹⁰ (multimètre en volts, par exemple) ne doivent pas être utilisés pour réaliser une vérification d'absence de tension, « pas plus que les VAT ne peuvent être considérés comme des appareils de mesurage » (p. 191).

Lors de l'utilisation de cet appareil, l'opérateur doit porter des gants isolants.

Le manuel précise que le risque encouru par les opérateurs lors de la réalisation d'une mesure est d'entrer en contact avec une pièce nue sous tension. Pour réaliser une mesure, l'opérateur doit utiliser l'outil adapté (le multimètre, par exemple, et non le VAT), porter ses protections individuelles (gants, lunettes) ; pour utiliser le multimètre, il doit « sélectionner rigoureusement le calibre à utiliser » (p. 155), vérifier le bon état de l'outil de mesure et des équipements de protection avant leur utilisation.

La simulation se déroule de jour sur un quai, donc normalement en présence des voyageurs. Intervenir dans ces conditions nécessite alors de baliser le chantier.

On considère que l'ouverture des deux portes d'une armoire électrique et la présence de l'opérateur devant l'armoire constituent un balisage suffisant. En revanche, dans ce cas, à aucun moment les portes de l'armoire ne doivent rester ouvertes si cet opérateur est amené à

⁹ Nous conserverons la notation VAT pour l'outil, « vérification d'absence de tension » se référera plutôt à l'activité de contrôle d'absence de tension.

¹⁰ Dans la suite du texte, mesure et vérification ne sont plus distinguées. Nous réutiliserons cette distinction dans le chapitre 8, en la signalant.

se déplacer.

Pour résumer, l'opérateur doit donc mettre hors tension le porte-fusibles avant de le remplacer. Dans notre situation, la mise hors tension nécessite l'ouverture d'un disjoncteur.

Après l'ouverture d'un disjoncteur, l'opérateur doit réaliser l'opération de consignation en appliquant intégralement la procédure. Cette procédure comporte la vérification d'absence de tension. Elle doit être réalisée avec l'outil VAT et en portant les gants et des lunettes de protection. Pour tester tous les conducteurs actifs, l'opérateur ne réalise qu'une seule vérification pour un branchement monophasé (phase, neutre) et trois, entre chaque phase et le neutre, pour un branchement triphasé. Si l'opérateur décide de réaliser des mesures, il doit utiliser le multimètre. Il doit porter ses gants isolants et ses lunettes de protection pour toute mesure ou vérification.

De plus, il doit baliser le chantier, rester sur place de façon à éviter qu'un voyageur ne puisse avoir accès à l'armoire ou fermer les portes de l'armoire.

2.4. LE RECUEIL DES DONNÉES

La réalisation de la tâche de simulation est entièrement filmée. Nous disposons ainsi des actions et des verbalisations des opérateurs et des formateurs. Le film sert ensuite de support pour réaliser une autoconfrontation. Elle se déroule consécutivement à la réalisation de la tâche. L'autoconfrontation est enregistrée. Nos interventions sont présentées en annexe (*cf.* annexes du chapitre 5).

2.5. LA COMPLEXITÉ DE LA SIMULATION

La tâche de simulation a été élaborée de façon à pouvoir comparer les compétences pour la gestion des risques professionnels mobilisées par des opérateurs de différents champs et degrés d'expérience.

Complexité de la tâche et difficultés éprouvées par l'opérateur doivent être différenciées (Amalberti, 1996).

- La complexité est externe au sujet. Elle est la résultante d'une situation imposant des contraintes surajoutées qui se traduisent par un comportement non nominal ou non stéréotypé de l'opérateur, en référence à une situation nominale ou canonique qui peut être traitée en mobilisant des comportements stéréotypés.

Dans la simulation, le disjoncteur qui permet normalement la mise hors tension du panneau de sortie dispose d'un code alphanumérique (DJ 43, panneau sortie) qui permet de l'identifier. Il est représenté sur le schéma du dispositif comme appartenant au circuit du panneau de sortie, et son code est indiqué. Dans une situation nominale ou canonique, c'est le « bon

disjoncteur ». Une procédure « stéréotypée » permet alors la mise hors tension du panneau de sortie : localisation du bon disjoncteur, action de coupure du disjoncteur. En présence d'une erreur de branchement, cette procédure est inopérante, et l'identification du « bon disjoncteur » nécessite la mise en œuvre d'une activité de diagnostic. Il s'agit donc d'une tâche dont les exigences sont accrues en référence à la situation canonique ou nominale.

Woods (1988) définit quatre dimensions qui permettent d'analyser la complexité des tâches : l'aspect dynamique, les interactions entre les éléments du système, l'incertitude et le risque. Ici, il ne s'agit pas d'un environnement dynamique. En outre, l'incertitude n'est que partielle. L'opérateur peut obtenir des informations fiables sur l'état du système. Soit ces informations peuvent être prises visuellement — le voyant lumineux d'un appareil est allumé, il est donc sous tension —, soit l'opérateur peut obtenir des informations en réalisant des mesures. Nous examinons les deux autres dimensions de la complexité des tâches, d'après Woods (*op. cit.*).

— Les interactions entre les éléments du système.

Quatre aspects rendent compte de l'interaction des éléments : le nombre d'interactions, leur complexité, l'étendue des interactions et le type d'interactions. Quand le nombre d'interactions est important, et les interactions complexes, l'opérateur doit se représenter chacun des sous-systèmes en interaction, son mode de fonctionnement, les relations avec les autres sous-systèmes et la façon dont ces relations peuvent affecter le fonctionnement du système. Plus les interactions sont étendues, plus les causes et les conséquences d'une panne sont nombreuses et variées. Des pannes indépendantes peuvent avoir des conséquences sur la même partie du système.

Dans la simulation, les interactions entre les différents éléments qui composent le dispositif technique relèvent essentiellement de la cascade de distribution. Il est d'abord nécessaire de se représenter où se situe le dispositif technique dans le réseau de distribution de l'entreprise, puis de se représenter la cascade d'alimentation du dispositif lui-même. Les interactions concernent alors les nœuds de branchement des niveaux $N + 2$ à $N - 2$ ¹¹. Une erreur de branchement produisant le même symptôme que celle que nous avons créée peut se situer sur un nœud de branchement situé entre les niveaux $N + 2$ à $N - 2$. Ce qui met en jeu de multiples éléments de coupure, de protection et de branchement et leur fonctionnement. Le nombre et l'étendue des éléments sont élevés.

— Le risque externe.

Le risque est présent dans la situation. Il s'agit d'un risque d'atteinte à l'intégrité physique de l'opérateur lui-même, ou en situation réelle pour son coéquipier (risque d'accident). Il

¹¹ Détails de la cascade en annexes du chapitre 5.

s'agit principalement du risque électrique. C'est un risque de brûlure, d'électrisation. Il s'agit également d'un risque de chute, qui peut être la conséquence ou la cause d'un accident ou d'un incident électrique.

Du fait même de la simulation, le risque pour les dispositifs techniques ou le transport des passagers est nul. En situation réelle, les dispositifs techniques sont protégés, par des disjoncteurs, des fusibles... Toutefois, un court-circuit produit par l'opérateur peut toujours endommager un dispositif. Par exemple, si l'intensité d'un court-circuit est supérieure au pouvoir de coupure d'un disjoncteur, celui-ci est alors hors d'usage.

Le risque pour le transport des voyageurs réside essentiellement dans la déconnexion ou la mise hors d'usage de l'éclairage ou de dispositifs de transmission de l'information pour le PCC¹², par exemple. Dans ces tâches, le risque est présent à la fois pour la prise d'informations, lors de la réalisation d'une mesure, et la prise de décision.

Le risque externe est, pour l'essentiel, un risque de chute et/ou d'accident électrique. Il s'agit aussi de risque internes (Amalberti, 1996) : ne pas gérer efficacement ses propres ressources et risque d'échouer. Notamment, l'opérateur étant filmé et des acteurs de l'entreprise étant présents (le formateur), le risque d'échouer n'est pas uniquement un risque au regard de soi, mais également un risque de ne pas être suffisamment compétent au regard des autres.

- La notion de difficulté renvoie aux compétences de l'opérateur et plus particulièrement au coût cognitif de la réalisation de la tâche (Amalberti, *op. cit.*).

Le sentiment de difficulté peut « émerger » au cours de l'exécution : il concerne l'élaboration ou la mise à jour de la représentation et l'élaboration de la réponse pertinente. Il est révélateur de complexité. D'après l'auteur, la sensation de difficulté est éprouvée dans les situations où les procédures, les habitudes, etc., sont inopérantes.

La solution consiste à élever le niveau d'abstraction de la représentation. Mais de façon paradoxale, cette solution provoque un sentiment de difficulté.

D'une part, l'élévation du niveau d'abstraction a un coût cognitif que l'opérateur doit gérer pour ne pas prendre le risque d'épuiser ses ressources.

D'autre part, l'auteur souligne l'importance des contraintes temporelles dans les environnements dynamiques : le temps nécessaire à la compréhension ne doit pas conduire à perdre le contrôle de la situation. Pour la maintenance des systèmes électriques, les contraintes temporelles n'ont pas pour conséquence éventuelle la perte de contrôle de la situation, comme dans une situation dynamique. Les contraintes temporelles sont liées à des systèmes de références différents. Le « tempo » du processus est déterminant dans les situations

¹² Poste de commandes centralisées qui a pour mission la régulation du trafic.

dynamiques. Ce n'est pas le cas pour la maintenance des systèmes électriques. En revanche, plusieurs tâches, d'urgence variable, sont confiées à l'opérateur et doivent être réalisées dans un temps déterminé, la durée de son poste par exemple.

Les dimensions temporelles de ces contraintes concernent l'interaction entre le temps social — durée d'un poste, urgence d'une réparation — et le temps nécessaire à la réalisation des opérations de maintenance (De Keyser, 1996).

Dans la simulation, les opérateurs sont également soumis à une contrainte temporelle relative à l'interaction du temps social et du temps pour réaliser les opérations : pour ne pas trop perturber les services de maintenance électrique et de formation de l'entreprise, il était impératif que deux opérateurs effectuent la simulation (traitement de la tâche et auto-confrontation) en une matinée.

L'élévation du niveau d'abstraction et les contraintes temporelles jouent sur la difficulté. Face à une difficulté trop importante, il est nécessaire d'élaborer un compromis cognitif ; une compréhension partielle peut être une solution acceptable (Amalberti, *op. cit.*). Ce compromis consiste, par exemple, à identifier le disjoncteur qui permet la mise hors tension, en renonçant à identifier précisément l'erreur de branchement.

La nécessité d'élever le niveau d'abstraction de la représentation dépend de l'étendue et de l'efficacité des procédures, routines précédemment élaborées par l'opérateur. Les difficultés de traitement à un niveau plus abstrait sont dépendantes de l'élaboration des concepts et des relations établies entre ces concepts.

Ainsi, l'opérationnalisation de connaissances théoriques est cognitivement coûteuse pour des novices (Wagemann, 1998). D'après l'auteur, la difficulté est liée au champ conceptuel, et plus particulièrement aux relations entre les différentes variables, mais également à la contrainte temporelle et à l'usage des artefacts.

Dans la mesure où nous souhaitons comparer les compétences d'opérateurs de différents champs et degrés d'expérience, la difficulté éprouvée par les opérateurs peut constituer un indicateur indirect des compétences mobilisables.

3. LE TRAITEMENT DES PROTOCOLES

Dans cette partie, nous présentons au préalable les axes d'analyse des résultats et les indicateurs qui nous avons choisis, puis le codage des activités des opérateurs et des interventions des formateurs, enfin le découpage des protocoles en épisodes et sous-épisodes.

3.1. LES AXES D'ANALYSE DES RÉSULTATS ET LES INDICATEURS

Les résultats de la simulation seront analysés selon trois axes : le niveau de développement

des compétences, les stratégies de diagnostic et, l'utilisation des règles de sécurité et les systèmes d'instruments. Ces trois axes d'analyse sont élaborés en référence aux hypothèses que nous avons émises à l'issue des analyses d'accidents et d'incident¹³. Ces premières analyses ne nous avaient toutefois pas permis d'aborder le développement des compétences, ni de caractériser précisément les stratégies de diagnostic impliquées dans la gestion des risques. Ces deux points sont donc intégrés aux axes d'analyse définis. D'autre part, l'analyse des stratégies de diagnostic et, de l'utilisation des règles de sécurité et des systèmes d'instruments sont aussi des axes d'analyse élaborés en référence au cadre Compety (Rabardel, Samurçay, 1995). Les relations entre les organisateurs de l'activité, les classes de situations, les représentations et les concepts pragmatiques sont privilégiées dans le premiers cas, et les relations entre les instruments, les classes de situations, les représentations et les concepts sont privilégiées dans le second.

Nous présenterons nos trois axes d'analyse des résultats, en rappelant succinctement les hypothèses élaborées au chapitre 4 et en les complétant, comme nous venons de le préciser. Nous présenterons également brièvement les indicateurs que nous avons retenus. Ils seront présentés plus en détail, ultérieurement, en abordant chacun des axes de l'analyse des résultats. Enfin, nous présenterons un dernier point d'analyse des résultats, transversal aux trois axes définis.

3.1.1. Le niveau de développement des compétences des opérateurs

Nous avons choisi deux variables externes, le champ et le degré d'expérience des opérateurs, qui nous ont permis de différencier quatre groupes d'opérateurs (*cf.* tableau 3, plus haut).

Dans un premier temps, nous nous intéresserons aux effets de ces deux variables sur le niveau de développement des compétences (chapitre 6). D'après Savoyant (1995), identifier les formes et le degré de l'aide apportée par les formateurs est un moyen d'identification du degré d'autonomie des opérateurs, notamment parce que le guidage de l'activité est fonction du niveau de développement des compétences, c'est-à-dire qu'il est fonction des difficultés éprouvées par les opérateurs pour effectuer la tâche (Amalberti, 1996 ; Wagemann, 1998). L'analyse des interventions des formateurs devient alors un indicateur indirect des compétences des opérateurs (Rogalski *et al.*, 1994 ; Plat, Rogalski, 1999).

Le codage des interventions des formateurs doit donc nous permettre d'identifier et de différencier les interventions qui concernent la gestion de la simulation et celles qui relèvent de l'aide et du guidage dans le traitement du problème. Nous adopterons un codage « prédicat »/« argument », le prédicat représentant les types d'intervention des formateurs —

¹³ Chapitre 4.

elles portent soit sur la gestion de la simulation, soit sur l'aide au traitement du problème —, les arguments se référant au contenu de l'intervention, ce qui devrait notamment nous permettre d'identifier les difficultés des opérateurs.

3.1.2. Les stratégies de diagnostic

Les stratégies de diagnostic des opérateurs sont analysées (chapitre 7) selon deux points de vue : les schèmes et la caractérisation des stratégies de diagnostic.

- À l'issue des analyses d'accidents et d'incident, nous avons émis l'hypothèse que les opérateurs élaboraient un schème de coupure et un schème de vérification. Le codage de l'activité des opérateurs doit donc nous permettre de tester cette hypothèse. À partir des travaux d'Inhelder et Cellérier (1992) et de Galinier (1997), nous retiendrons que la mise en évidence des schèmes nécessite de porter une attention particulière à l'organisation de l'activité dans une situation (ordre, structuration des actions et déroulement temporel), aux activités atypiques, aux erreurs des sujets¹⁴.

- Il s'agit ici également de caractériser les stratégies de diagnostic impliquées dans la gestion des risques :

D'une part, à partir des travaux de Patrick (Patrick, 1989, 1993 ; Patrick, Munley, 1997) et à l'issue des analyses d'accidents et d'incident (chapitre 4), nous avons fait l'hypothèse que les stratégies topographiques pouvaient s'avérer efficaces. Ces stratégies, privilégiant les informations sur la structure, s'appuyeraient sur une schématisation du réseau électrique en terme de flux ; schématisation sous-tendue par les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie. Nous examinerons cette hypothèse en considérant les travaux de Rasmussen (1986) ou de Konradt (1995) qui montrent que les novices disposent de stratégies plutôt topographiques alors que les experts ont un répertoire plus étendu.

D'autre part, nous examinerons le rôle des concepts pragmatiques pour l'élaboration et la mise en œuvre des stratégies de diagnostic. En référence aux travaux de Samurçay et Pastré (1995, par exemple), cela nous conduit à prendre en compte l'étendue du réseau des relations entre les concepts pragmatiques et les variables observables ou mesurées du système, et à les considérer comme des indicateurs du développement.

Le codage des activités des opérateurs doit alors nous permettre de différencier différents types de stratégies. Nous nous baserons sur les informations qui sont prises par les opérateurs : informations sur le fonctionnement normal, sur la structure... Il doit également permettre d'identifier les relations que les opérateurs établissent entre les différentes variables du système et le rôle des concepts pragmatiques dans le réseau de relations construit. Ce qui rejoint la question d'une représentation de la structure du dispositif sous forme de flux, sous-tendue par les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie.

¹⁴ Ces points sont détaillés et explicités § 2.2.1.1.

Pour analyser les stratégies de diagnostic des opérateurs, nous avons retenu un codage sous la forme « prédicat »/« argument ». Le prédicat code les activités élémentaires — élaboration d'informations, diagnostic, décision d'intervention —, et les arguments spécifient l'activité (Hoc, Amalberti, 1998).

3.1.3. Utilisation des règles de sécurité et systèmes d'instruments

Nous aborderons l'utilisation des règles de sécurité et les systèmes d'instruments constitués par les opérateurs (chapitre 8) en nous intéressant à la mise en œuvre des règles formelles, de pratiques informelles de sécurité, de savoir-faire de prudence. D'après Rousseau, Monteau (1991) et Cru (1995), la mise en évidence de pratiques informelles de sécurité et de savoir-faire de prudence repose sur l'analyse des fonctions qu'ils remplissent pour gérer les risques. Nous considérons ces différents éléments comme étant intégrés à un système d'instruments (Lefort, 1982 ; Rabardel, 1995, 1999) élaboré par les opérateurs, qui comporterait également des instruments formés à partir de règles de sécurité ou d'artefact matériels, comme les outils de mesure¹⁵.

S'intéresser aux instruments nécessite d'analyser les caractéristiques des artefacts mobilisés et les schèmes d'utilisation des opérateurs (Rabardel, *op. cit.*) ; nous avons précédemment présenté les éléments à retenir pour analyser les schèmes. L'identification d'un système nécessite qu'on se centre sur la complémentarité et la vicariance des fonctions des instruments qui le composent, propriétés des systèmes d'instruments (Lefort, *op. cit.* ; Rabardel, *op. cit.*), ce qui rejoint l'analyse fonctionnelle proposée posée par Rousseau, Monteau et Cru.

3.1.4. Une analyse transversale

Pour chacun des axes précédemment définis, nous affinerons l'analyse du développement des compétences en reprenant la comparaison des quatre groupes d'opérateurs, constitués en fonction du champ et du degré d'expérience. Nous nous attacherons également dans chacun des cas à spécifier les dimensions de la compétence critique, critère que nous avons retenu pour caractériser l'expertise.

3.2. LES CODAGES

3.2.1. Le codage de l'activité des opérateurs

Le codage de l'activité des opérateurs adopte la forme « prédicat »/« argument ». Le

¹⁵ Chapitre 4.

prédicat code les activités élémentaires — élaboration d'information, diagnostic, décision d'intervention —, et les arguments spécifient l'activité (Hoc, Amalberti, 1998).

Le codage proposé par Hoc et Amalberti (*op. cit.*) est modifié pour prendre en compte les spécificités de la situation de simulation (schéma 11, page suivante) : l'opérateur est amené à expliquer, préciser (c'est-à-dire reformuler en affinant), rappeler (c'est-à-dire reformuler) son activité, ou encore à confirmer ce qu'il a dit. D'autre part, il peut demander implicitement de l'aide ou poser une question. Ces activités sont liées aux interactions avec le formateur ou destinées à l'expérimentateur.

Par ailleurs, bien que les décisions de test d'hypothèse relèvent des activités de diagnostic (Hoc, Amalberti, *op. cit.*), nous les considérons du point de vue des décisions d'action, étant donné, par exemple, que réaliser une mesure peut être un test d'hypothèse.

Nous considérons toute énonciation d'un but, qu'il le soit de façon générique ou en précisant une procédure, comme une décision. Les décisions sont numérotées en fonction de leur ordre d'apparition dans le protocole, et la numérotation rend compte des relations entre deux décisions : si la décision X, générique, est la dixième, elle est numérotée « 10 » ; si la décision suivante spécifie la première, elle est numérotée « 10.1 », par exemple.

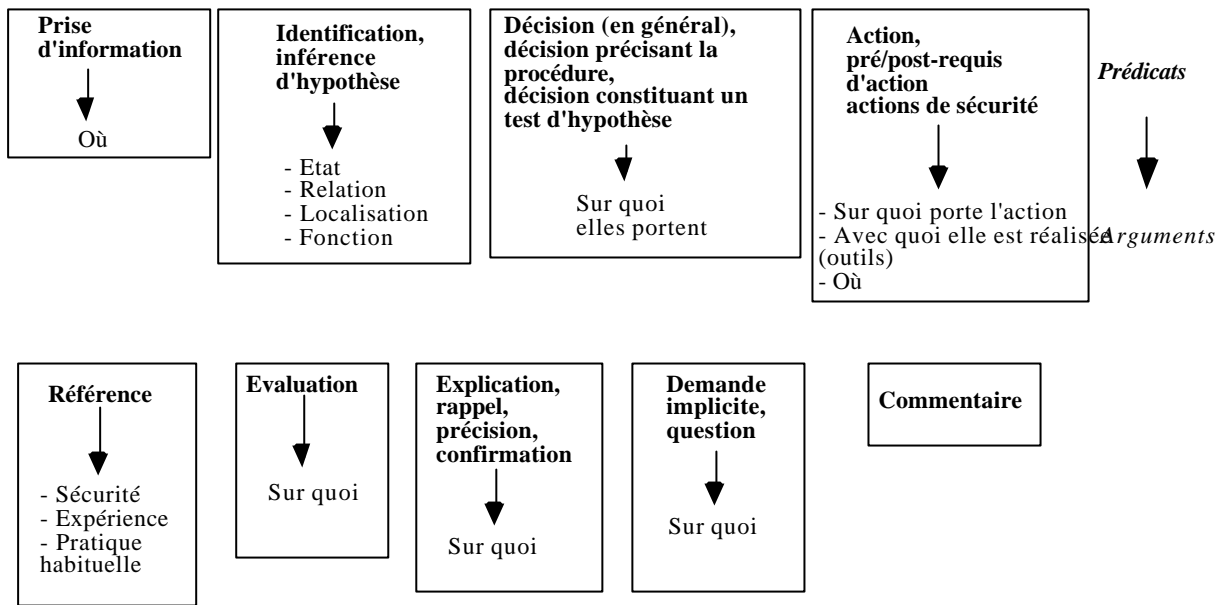
Concernant les actions, nous différencions les pré- et post-requis d'une action (enlever un cache pour réaliser une mesure, le remettre en place, par exemple), en précisant ceux qui concernent les schémas du dispositif et les outils. Nous différencions également les actions de sécurité, c'est-à-dire celles qui concernent les règles de sécurité. S'agissant de mesure, la localisation de la mesure et l'outil sont précisés.

Par exemple : « action » « mesure » « ~~no~~ud aval DJ 43 » « multimètre » signifie que l'opérateur a effectué une mesure en tension sur le ~~no~~ud aval du disjoncteur noté « DJ 43 ». Les mesures en ohms sont notées : « mesure ohms ».

Par ailleurs, étant donné qu'il s'agit d'une simulation, l'opérateur peut uniquement faire référence à une action de sécurité sans la mettre en œuvre. D'autre part, il peut faire référence à son expérience, à sa pratique habituelle. Nous considérons que les commentaires portent sur la simulation, et plus particulièrement sur les choix que nous avons faits.

Schéma 11 : Prédicats et arguments utilisés pour coder l'activité de l'opérateur ¹⁶

¹⁶ Un protocole codé est présenté dans les annexes du chapitre 5.



3.2.2. Les interventions des formateurs

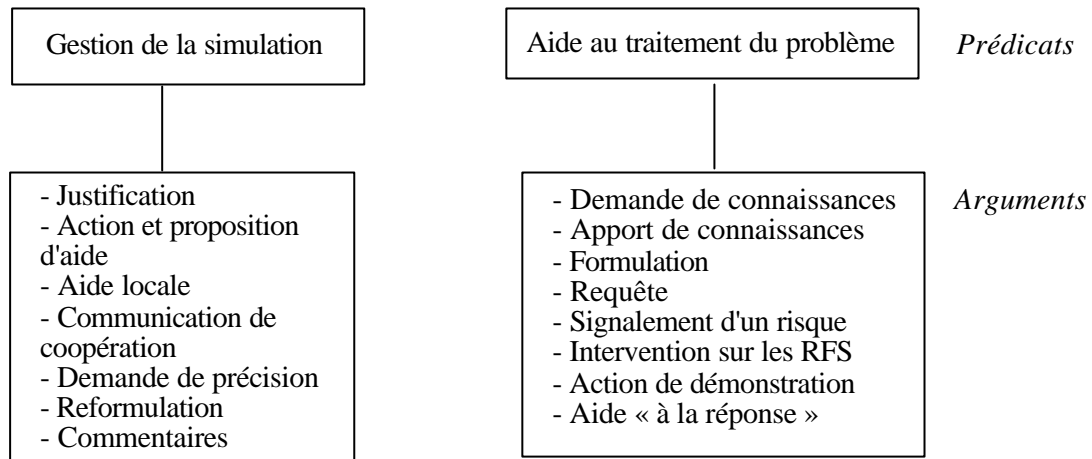
Dans les simulations à visée didactique, les formateurs ont pour objectif la construction et le développement des compétences. Ces situations de simulation ont pour caractéristique de reproduire certaines dimensions des situations de travail dont la maîtrise est la cible de la formation (Samurçay, Rogalski, 1998). Elles constituent des situations d'assistance opérationnelle : un expert aide un novice. Elles sont des situations didactiques : celui qui sait, le formateur, vise le développement des connaissances et l'autonomie de celui qui ne sait pas (Wagemann, Percier, 1995).

La simulation que nous avons élaborée a d'abord un objectif de recherche, de façon à faciliter l'analyse de l'activité dans le traitement d'une situation comportant une erreur de branchement. La présence d'un formateur s'est avérée nécessaire pour veiller à la sécurité des opérateurs dans une situation potentiellement accidentogène, et pour éventuellement apporter une aide à certains opérateurs, notamment les «jeunes» en formation en alternance dans l'entreprise. Dans ce cadre, les interventions du formateur constituent une assistance opérationnelle à la résolution du problème et à la gestion des risques professionnels. Toutefois, des interventions à visée didactique ne sont pas exclues.

L'analyse des interventions des formateurs peut poursuivre plusieurs objectifs (Rogalski, *et al.*, 1994) : elle peut être menée pour développer des outils d'aide pour le formateur (Percier, Wagemann, à paraître, par exemple), elle peut également servir d'indicateur indirect de la

performance des formés (Savoyant, 1995 ; Rogalski *et al.*, *op. cit.* ; Plat, Rogalski, 1999). Les interventions du formateur sont ici analysées en fonction de ce second objectif.

Afin de préciser les interventions des formateurs, leur activité est codée sous la forme « prédicat »/« argument ». Le prédicat fait ici référence au fait que l'intervention du formateur constitue une aide ou est considérée comme relevant de la gestion de la simulation, notre objectif n'étant pas d'analyser l'activité du formateur en elle-même.

Schéma 12 : Prédicats et arguments utilisés pour coder l'activité des formateurs¹⁷

Les interventions qui relèvent de la gestion de la simulation sont liées aux choix que nous avons faits pour l'élaborer (le formateur peut être amené à les justifier), à l'absence du coéquipier (le formateur est amené à jouer ce rôle : il propose son aide, aide et transmet des informations, nommées « communication de coopération » dans ce cadre), à la présence de bruits importants (le formateur est parfois amené à reformuler ce qui a été dit pour que l'expérimentateur l'entende). Les demandes de précisions surviennent quand le formateur n'a pas, de son point de vue, une interprétation suffisante de l'activité de l'opérateur. Nous considérons que les commentaires ne portent pas sur le problème en cours de traitement. De plus, les aides locales concernent des activités des opérateurs que nous n'avons pas analysées¹⁸.

Les aides au traitement du problème concernent les demandes portant sur les connaissances de l'opérateur, l'apport de connaissances — il peut s'agir de connaissances génériques, spécifiques, portant sur les outils ou les règles et normes de sécurité. Les formulations concernent les buts et décisions, stratégies et procédures, inférences, identifications... proposés par le formateur. Les requêtes sont des demandes « impératives » de réalisation d'une activité. Le signalement d'un risque intervient lorsque le formateur souhaite attirer l'attention de l'opérateur sur un risque. Les interventions sur les règles de sécurité portent sur leur respect. Enfin, des « aides à la réponse » sont notées quand le formateur

¹⁷ Détails et exemples dans les annexes du chapitre 5.

¹⁸ Non pas parce que ce type d'activités n'est pas révélateur de certaines compétences mises en œuvre, mais parce qu'elles sont locales par rapport à notre propos et que nous ne disposons pas d'observables suffisants. Leur recueil aurait nécessité un tout autre dispositif, notamment concernant le simulateur.

reformule l'une de ces interventions en la précisant, la première n'ayant pas atteint son objectif.

Ces premiers prédicats sont complétés en fonction du contenu de l'aide apportée.

Par exemple, l'intervention suivante : «c'est pas normal », qui concerne la présence de tension sur le porte-fusibles malgré l'action sur le disjoncteur qui est normalement le bon, est codée :

« aide » « formule » « identification état » « anormal ».

3.3. LE DÉCOUPAGE DES PROTOCOLES

Le découpage des protocoles en épisodes et en sous-épisodes¹⁹ constitue un cadre commun aux trois axes d'analyse des résultats (le développement des compétences, les stratégies de diagnostic, le rapport aux règles formelles de sécurité). Toutefois, en fonction des objectifs spécifiques de nos analyses, des précisions pourront être apportées lorsque nous aborderons chacun de ces axes d'analyse.

3.3.1. Le découpage des protocoles en épisodes

Le découpage des protocoles en épisodes s'appuie sur l'analyse schématique de la tâche maintenance²⁰. La tâche est découpée en plusieurs phases : diagnostic, mise en sécurité, réparation. Pour chacune d'elles l'opérateur doit prendre en compte ou gérer des contraintes. Nous spécifions ces différents points en fonction des caractéristiques de la simulation.

Dans la simulation, le diagnostic de panne est donné dans la consigne :

Le porte-fusibles du panneau de sortie est détérioré et doit être remplacé. L'opérateur intervient donc pour réaliser la réparation. Ce qui doit le conduire à effectuer une mise hors tension et à identifier la présence de tension sur l'objet à remplacer, malgré la coupure du disjoncteur qui est normalement le bon. Il doit alors mettre en œuvre une activité de diagnostic pour identifier le disjoncteur permettant réellement la mise hors tension.

1. Dans un premier temps, la tâche de l'opérateur consiste en une prise d'informations préalable à la mise hors tension, à partir des éléments donnés par la consigne et/ou en prenant des informations directement sur le dispositif (panneau de sortie), ce qui correspond à la phase de diagnostic : confirmation du diagnostic énoncé dans la consigne, recherche d'informations supplémentaires.

2. À partir du diagnostic élaboré, l'opérateur décide du type de mise hors tension, du port ou non des équipements et protections individuels, de la mise en place de barrières de

¹⁹ Un exemple est présenté dans les annexes du chapitre 5.

²⁰ Chapitre 3.

sécurité..., et les réalise : c'est la phase de mise en sécurité.

La phase de mise en sécurité doit se dérouler en deux temps :

- La mise hors tension dans une situation normale.

Au départ, rien n'indique à l'opérateur qu'il se trouve dans une situation comportant une erreur de branchement. Il devrait alors réaliser la mise hors tension comme il le fait habituellement. Nous nous attendons à ce qu'il décide de couper à partir du disjoncteur correspondant situé dans le coffret de quai. Pour le localiser, I dispose des étiquettes comportant un code alphanumérique, qui indique le numéro du disjoncteur et le circuit protégé par ce disjoncteur (DJ 43, panneau de sortie). Il dispose également du schéma du dispositif décrivant les circuits et les éléments qui les composent (*cf.* annexes du chapitre 5). Une fois le disjoncteur localisé, il le coupe. Il doit ici appliquer deux règles de sécurité : la consignation du disjoncteur et le contrôle de l'absence de tension sur le dispositif.

Étant donné l'erreur de branchement réalisée, ce contrôle doit le conduire à identifier la présence de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie : il se trouve alors dans une situation anormale.

- La mise hors tension dans une situation anormale.

L'opérateur doit mettre en œuvre une activité de diagnostic le conduisant à identifier un disjoncteur permettant de réaliser effectivement la mise hors tension. Il doit identifier le disjoncteur « DJ 11, éclairage permanent quai » et/ou le disjoncteur DJ B.

3. Une fois le « bon disjoncteur » identifié, l'opérateur peut réaliser le remplacement du porte-fusibles — but proposé dans la consigne —, phase de dépannage. La simulation est arrêtée au moment où l'opérateur, ayant réussi la mise hors tension, décide qu'il peut réaliser le remplacement. La réparation n'est donc pas exécutée.

4. Les contraintes que les opérateurs ont à gérer concernent la mise hors tension dans une situation qui se déroule de jour ou de nuit, c'est-à-dire des contraintes relatives à la continuité du service. De jour, tous les disjoncteurs ne peuvent pas être coupés, contrairement à une situation se déroulant de nuit.

À partir de cette analyse schématique de la tâche, les protocoles des opérateurs sont découpés en trois épisodes, de la façon suivante :

- Épisode 0 : prise d'informations préalable à la mise hors tension.

Tous les opérateurs ont connaissance de la consigne. Nous considérons qu'un opérateur réalise une prise d'informations préalable quand il prend des informations dans le panneau de sortie lui-même : informations visuelles et/ou réalisation de mesures (phase de diagnostic).

- Épisode 1 : mise hors tension dans une situation normale.

La mise hors tension dans une situation normale (phase de mise en sécurité) débute au moment où l'opérateur décide de la coupure. Elle comprend la coupure du disjoncteur étiqueté comme étant celui du circuit du panneau de sortie (DJ 43, panneau sortie), la réalisation ou non de la consignation, le port ou non des équipements et protections individuels, la réalisation éventuelle de contrôles locaux — mesures en tension sur le disjoncteur coupé, par exemple — et le contrôle de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie, qui doit aboutir à l'identification de la présence de tension (phase de diagnostic concernant la réalisation de la mise en sécurité).

- Épisode 2 : mise hors tension dans une situation anormale.

Cet épisode débute quand l'opérateur identifie la présence de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie malgré la mise hors tension du disjoncteur correspondant. Il doit élaborer un diagnostic d'identification du « bon disjoncteur » (phase de diagnostic). L'épisode prend fin lorsque l'opérateur réalise la mise hors tension du panneau de sortie (phase de mise en sécurité) et décide qu'il peut effectuer le remplacement du porte-fusibles (phase de réparation).

3.3.2. Le découpage des protocoles en sous-épisodes

Un épisode est composé de plusieurs sous-épisodes en fonction des buts de prise d'informations et d'actions des opérateurs.

De la même façon que Bertrand et Weill-Fassina (1993), nous considérons que pour le diagnostic les buts se manifestent «comme des questions sur l'état du dispositif à moment donné qui finalisent les recherches de l'opérateur et auxquels ils tentent de répondre à travers les vérifications qu'ils effectuent » (p. 253).

Les buts peuvent être identifiés à partir des décisions de vérification verbalisées en situation, avant ou après le contrôle, ou en autoconfrontation. Mais également à partir des questions posées au formateur en situation et des différentes vérifications du dispositif.

Le codage de la localisation des prises d'informations nous permet de les identifier et de préciser les nœuds de branchement vérifiés (*cf.* annexes du chapitre 5). Nous les considérons comme des informations structurelles. Les opérateurs peuvent également prendre d'autres informations structurelles en manipulant et en «suivant » visuellement les fils — elles sont codées « action manipulations fils » —, ou en réalisant des mesures en ohms — codées « mesure ohms ». Des informations fonctionnelles peuvent être prises en effectuant des mesures en volts — elles sont codées «action mesure ». Un sous-épisode peut comporter des prises d'informations structurelles et/ou fonctionnelles.

Les études sur le diagnostic de pannes, comme celle de Bertrand et Weill-Fassina (*op.*

cit.) n'intègrent pas de façon spécifique la gestion des risques par l'opérateur. Or c'est bien parce qu'il participe de cette gestion que nous nous intéressons au diagnostic non pas de panne, mais concernant la mise hors tension.

En fonction des caractéristiques de la tâche proposée, nous différencions différents types de sous-épisodes :

— Les contrôles de normalité²¹ du dispositif.

Ces contrôles peuvent porter aussi bien sur la structure que sur le fonctionnement. Ils sont réalisés en prenant des informations directement accessibles (le repérage des disjoncteurs, des fils des câbles, les parties visibles des nœuds de branchement, des fils...), en réalisant des mesures (en volts, en ohms), en questionnant le formateur.

L'opérateur peut ici mobiliser un modèle de normalité des situations, prendre des informations sur le schéma, qui représente la cascade de distribution dans son état normal (structure), et les différents éléments qui la composent.

— L'identification d'anomalies et le traitement d'anomalies.

À partir des contrôles de normalité, l'opérateur peut identifier des anomalies. Leur traitement permet l'identification du ou des disjoncteurs qui permettent la mise hors tension (DJ B ou DJ 11).

L'identification d'anomalies rend compte de la mobilisation d'un modèle de normalité. Le traitement des anomalies concerne les contrôles qui portent sur les nœuds de branchement concernés. Il s'agit d'informations sur la structure (en amont, en aval de l'anomalie) ou sur le fonctionnement (le nœud amont du disjoncteur DJ B est sous tension, par exemple).

— L'identification des contraintes de mise hors tension.

L'identification des contraintes de mise hors tension a des répercussions sur la stratégie de diagnostic et sur la gestion de sa sécurité par l'opérateur. En effet, savoir que la simulation se déroule de jour ou de nuit permet ou non la mise hors tension des disjoncteurs de différents niveaux (N, N + 1, N + 2), c'est-à-dire que l'opérateur effectue une mise hors tension totale ou partielle, qui conditionne la gestion du risque électrique.

Sur ce point, le formateur peut intervenir en réponse à une question ou non, en fonction de difficultés de l'opérateur. Cette intervention est codée avec l'argument « situation nuit ». Il était en effet prévu qu'en cas de question ou des difficultés trop importantes le formateur préciserait que la simulation peut être traitée comme un dépannage se déroulant de nuit.

— Les décisions et actions de coupure.

²¹ Nous employons également le terme de contrôle de « conformité ».

Pour mettre hors tension, l'opérateur peut agir sur un disjoncteur ou déconnecter un nœud de branchement sous tension. D'une part, ces décisions et actions sont à mettre en rapport avec l'identification des contraintes de mise hors tension. Elles attestent de leur prise en compte ou non. D'autre part, elles peuvent rendre compte de difficultés à se représenter la cascade d'alimentation ou encore concerner la décision de débrancher des fils sous tension pour réaliser la mise hors tension, ce qui représente un risque et contrevient au prescrit.

— Les hypothèses sur les disjoncteurs.

Elles peuvent être verbalisées en situation. Dans ce cas, elles sont codées en tant que telles. La coupure d'un disjoncteur et les vérifications consécutives sur le panneau de sortie sont des moyens pour tester que ce disjoncteur est le bon. La décision de coupure peut être verbalisée même si l'hypothèse en elle-même ne l'est pas. Ces décisions sont codées. Les hypothèses peuvent rester totalement implicites. Dans ce cas, nous nous appuyons sur les coupures et les vérifications consécutives.

Les coupures des disjoncteurs ont donc un double statut si elles sont suivies d'une vérification d'absence de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie (coupure et hypothèse).

— Les décisions de remplacement du porte-fusibles.

Les décisions de remplacement du porte-fusibles indiquent soit que l'opérateur croit avoir éliminé le risque électrique — le dispositif serait hors tension —, soit qu'il a décidé de réaliser le remplacement en présence de tension, ce qui est contraire aux règles de sécurité en vigueur et représente un risque.

— Les décisions de mise en conformité.

Les décisions de mise en conformité sont indicatrices de l'identification d'une anomalie, qui a été verbalisée ou non par l'opérateur, et/ou de la prise en compte de la sécurité de futures interventions sur le dispositif. Elles rendent également compte de la mobilisation par l'opérateur d'un modèle de normalité.

— Les décisions de reprogrammation du dépannage.

Ces décisions sont directement liées à l'identification des contraintes de mise hors tension. L'opérateur peut en effet décider que la réparation doit être reprogrammée en nuit, situation moins contraignante et plus sûre puisqu'il est possible de tout couper. Ces décisions sont considérées comme indicatrices de métaconnaissances de l'opérateur : il estime qu'il est nécessaire de totalement mettre hors tension le dispositif pour réaliser la tâche avec une sécurité suffisante. Dans ce cas, le formateur intervient pour le réorienter.

— Les décisions et actions concernant les règles de sécurité.

Elles concernent la vérification d'absence de tension «au plus près du lieu de travail» consécutive à la coupure d'un disjoncteur, ou des contrôles locaux comme le fait un opérateur dont nous analysons l'accident.

Il s'agit aussi de la consignation — pose d'un cadenas et d'une pancarte sur le disjoncteur actionné —, du balisage du chantier, ou du port des lunettes et des gants de sécurité en présence de tension.

3.4. EXEMPLES D'ANALYSE DES RÉSULTATS

Dans cette partie, nous précisons les lignes principales du traitement des résultats, à partir du protocole d'un opérateur que nous avons présenté en annexe. Nos commentaires en italique se réfèrent au protocole codé et à son découpage, également présentés dans les annexes du chapitre 5. Les résultats sont analysés selon trois axes : niveau de développement des compétences, stratégies de diagnostic, utilisation des règles de sécurité et systèmes d'instruments.

3.4.1. Le niveau de développement des compétences pour gérer les risques professionnels

Nous faisons l'hypothèse que les deux variables externes, le champ et le degré d'expérience, qui sont utilisées pour constituer les quatre groupes d'opérateurs ont un effet sur le développement des compétences. Les opérateurs les plus compétents ne devraient pas avoir besoin du guidage du formateur. Le nombre des interventions que nous avons nommées « aides au traitement du problème » devraient décroître avec l'augmentation du degré

d'expérience et en fonction du champ dans lequel elle a été constituée.

Par exemple, l'opérateur 4, dont nous présentons le protocole en annexe, est un opérateur expérimenté qui fait partie du groupe 3 (opérateurs ayant une expérience du métier, mais pas au poste de travail). Nous considérons que cet opérateur ne bénéficie d'aucune « aide au traitement du problème ».

D'autre part, l'analyse des stratégies de diagnostic et du rapport aux règles de sécurité sera menée en comparant les quatre groupes d'opérateurs, afin de tenter d'identifier leur effets sur les différentes dimensions des compétences. Nous nous attacherons également à mettre en évidence les compétences critiques pour chacune des dimensions considérées.

3.4.2. Les stratégies de diagnostic de mise hors tension

Deux points sont abordés : l'organisation invariante de la coupure et de la vérification (schèmes) et la caractérisation des stratégies de diagnostic du « bon disjoncteur » mises en œuvre.

3.4.2.1. Organisation invariante de la coupure et de la vérification

Nous avons fait l'hypothèse de l'existence de deux schèmes : un schème de coupure, un schème de mise hors tension.

- Le schème de coupure.

Dans la situation de simulation, étant donné les contraintes de mise hors tension, les opérateurs devraient « couper au minimum », c'est-à-dire couper le disjoncteur dont ils font l'hypothèse qu'il est juste en amont du dispositif à mettre hors tension.

Dans l'épisode 1 — mise hors tension dans une situation normale —, cela revient à couper le disjoncteur étiqueté « DJ 43 », disjoncteur de niveau N — 1. La coupure de ce disjoncteur est indicatrice de la mise en œuvre d'un modèle de normalité : la situation serait conforme au schéma du dispositif, les informations apposées sur les étiquettes des disjoncteurs seraient correctes.

Dans l'épisode 2 — mise hors tension dans une situation anormale —, étant donné que la coupure et la vérification peuvent être utilisées pour identifier le bon disjoncteur, nous considérons que « couper au minimum » signifie couper un disjoncteur, ou des disjoncteurs, de niveau N — 1. Quand plusieurs disjoncteurs sont coupés, ils doivent l'être un par un, chaque coupure étant suivie d'une vérification d'absence de tension. Ces deux critères sont pris en compte tant que l'opérateur n'est pas informé que la situation peut être traitée comme se déroulant la nuit, situation où il peut tout couper.

L'opérateur 4 ne coupe que deux disjoncteurs, de niveau N — 1 (épisode 1, sous-épisode 1.1 et épisode 2, sous-épisode 10). Nous en inférons que l'opérateur « coupe au

minimum ». Nous mettrons en rapport l'organisation de cette activité avec celle des autres opérateurs de la simulation pour en inférer l'existence d'un schème.

- Le schème de vérification.

Le schème de vérification concerne l'organisation invariante de la vérification d'absence de tension.

Étant donné que l'opérateur doit réaliser au moins deux coupures pour mettre le dispositif hors tension, deux vérifications d'absence de tension devraient être réalisées. (La première coupure dans l'épisode 1 doit conduire à l'échec de la mise hors tension, étant donné l'erreur de branchement ; dans l'épisode 2, l'opérateur doit identifier le disjoncteur qui permet réellement la mise hors tension.)

D'une part, nous nous intéressons au résultat de ce contrôle. Les disjoncteurs qui permettent réellement la mise hors tension sont les disjoncteurs DJ 11 et DJ B. La coupure de tout autre disjoncteur doit conduire à identifier la présence de tension lors de la vérification.

Deux sous-épisodes de vérification d'absence de tension sont relevés dans le protocole de l'opérateur 4 (épisode 1 : sous-épisode 1.4, lignes 59 à 73 du protocole ; épisode 2 : sous-épisode 2.13, lignes 142-149).

Dans le premier cas, la vérification est consécutive à la coupure du disjoncteur « DJ 43 », l'opérateur identifie la présence de tension (ligne 74). Dans le second, elle est consécutive à la coupure du disjoncteur DJ B, l'opérateur identifie l'absence de tension (ligne 149).

L'opérateur ne commet donc pas d'erreur d'identification.

D'autre part, nous nous intéressons à l'organisation de la vérification : sur quel nœud de branchement elle est réalisée, avec quel outil...

Dans l'épisode 1 (sous-épisode 1.4), comme dans l'épisode 2 (sous-épisode 2.13), elle est réalisée sur le porte-fusibles (noté « PF »). Dans chaque cas, elle est réalisée avec le multimètre (noté « multi. »). Nous mettrons en rapport l'organisation de cette activité avec celle des autres opérateurs pour examiner l'hypothèse qu'il s'agit d'un schème.

3.4.2.2. La caractérisation des stratégies de diagnostic du disjoncteur permettant réellement la mise hors tension.

- Nous examinons notamment les sous-épisodes de contrôle de conformité et le type d'informations (structurelles, fonctionnelles) qui sont prises, les sous-épisodes d'identification d'anomalies et leur traitement.

Pour l'opérateur 4, nous relevons quatre sous-épisodes de contrôle de conformité (épisode 2, sous-épisodes 2.1. à 2.4). Par exemple, le premier (2.1) est constitué de prises d'informations sur les étiquettes des disjoncteurs (repérage). Il s'agit de prises d'informations sur la structure. Le quatrième (2.4) concerne la réalisation de mesures en

tension sur les nœuds de branchement du disjoncteur actionné (lignes 87 et 88 du protocole). Il s'agit d'informations sur le fonctionnement du disjoncteur qui permettent de faire des inférences sur la structure. Nous considérons que ces inférences s'appuient sur les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie.

Une anomalie est identifiée : absence de repérage du disjoncteur DJ B (sous-épisode 2.5). L'identification d'une anomalie est considérée comme un indicateur de la mobilisation d'un modèle de normalité. L'opérateur en infère que le disjoncteur DJ B est celui qui permet la mise hors tension du dispositif (sous-épisode 2.9). L'hypothèse est testée : le disjoncteur est coupé (sous-épisode 2.10), la coupure est suivie d'une vérification d'absence de tension (sous-épisode 2.13). Ces éléments indiquent la mise en œuvre des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie : à partir de l'anomalie identifiée, l'opérateur fait l'inférence que le disjoncteur est en amont du panneau de sortie dans la cascade de distribution et dans une relation de continuité.

La prise en compte de ces différents éléments permet la caractérisation de la stratégie de diagnostic.

Nous verrons que la stratégie mise en œuvre par l'opérateur 4 s'appuie sur des informations structurelles, sur un modèle de normalité des situations et la mobilisation des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie.

Les nœuds de branchement sur lesquels les opérateurs réalisent des vérifications d'absence de tension, les différents contrôles de conformité du dispositif et les verbalisations en autoconfrontation sont utilisés pour faire des inférences sur les erreurs latentes de branchement que l'opérateur se représente, ce que nous considérons comme indicateur de la représentations de situations anormales et de l'extension des classes de situations.

Lors de sa première vérification d'absence de tension (épisode 0 de prise d'informations préalable à la mise hors tension, lignes 1 à 31 du protocole), l'opérateur 4 effectue une mesure sur les deux nœuds de branchement du porte-fusibles du panneau de sortie.

En autoconfrontation (ligne 10 du protocole), il précise :

« Alors je regarde **où arrive la tension** parce que visuellement dans les trois quarts des installations, qu'elles soient RATP ou autre, on bascule les fusibles de haut en bas ou de gauche à droite, **mais c'est pas pour autant que l'alimentation arrive bien par-dessus ou par-dessous. ça peut arriver de gauche, de droite, dessus, dessous, d'avoir l'appareillage monté à l'envers.** Alors on vérifie bien où arrive la tension. »

L'opérateur fait référence à une règle de métier : le sens d'ouverture d'un porte-fusibles indique son sens de branchement, donc l'amont et l'aval. Il indique que cette

règle n'est pas systématiquement respectée, ce qui constitue une erreur latente de branchement que l'opérateur se représente. La mesure sur les deux nœuds de branchement constitue alors un moyen sûr de différencier les nœuds amont et aval du porte-fusibles.

3.4.3. Utilisation des règles de sécurité et systèmes d'instruments

Nous avons considéré que les règles de sécurité pouvaient être analysées du point de vue des systèmes d'instruments des opérateurs. En référence à l'analyse de la tâche, nous relevons systématiquement la présence ou non de sous-épisodes de mise en œuvre de ces règles, en considérant leurs moyens de mise en œuvre (moyens prescrits ou moyens de substitution), et leur fonctionnalité au regard de la règle.

Dans l'épisode 1, nous relevons trois sous-épisodes qui concernent les règles de sécurité : la condamnation (sous-épisode 1.2.), le balisage du chantier (1.3), la vérification d'absence de tension (1.4).

Par exemple, concernant la condamnation, l'opérateur fait référence à la pose de ruban adhésif noir en croix sur le disjoncteur (ligne 56). Il remplace la pose d'un cadenas et d'une étiquette que prescrit la règle, mais ne remplit qu'une fonction : la signalisation.

Les pratiques formelles ou informelles de sécurité identifiées sont analysées au regard des fonctions qu'elles remplissent pour gérer les risques professionnels et aux relations entre leurs fonctions : complémentarité ou redondances des fonctions, qui sont les caractéristiques des systèmes d'instruments.

CHAPITRE 6

LE DEVELOPPEMENT DES COMPETENCES POUR LA GESTION DES RISQUES

Ce chapitre présente le premier axe d'analyse des résultats de la simulation. Les interventions des formateurs sont ici utilisées comme indicateur indirect du niveau de développement des compétences en fonction du champ et du degré d'expérience des opérateurs. Cet indicateur permet également de préciser les difficultés des opérateurs pour effectuer la tâche de simulation et, de ce fait, d'identifier les premiers éléments du développement des différentes dimensions des compétences.

Avant d'aborder plus précisément le contenu de ce chapitre, nous rappelons que les résultats de la simulation sont analysés selon trois axes :

1. Le développement des compétences, qui constitue ce chapitre.
2. Les stratégies de diagnostic, chapitre 7.
3. L'utilisation des règles de sécurité et des systèmes d'instruments, chapitre 8.

Le premier chapitre porte sur le niveau de développement des compétences des opérateurs en fonction du champ et du degré d'expérience. Les différents niveaux de développement identifiés sont analysés de façon plus précise dans les chapitres suivants. Nous nous attacherons également à mettre en évidence des difficultés rencontrées par les opérateurs lors de la réalisation de la tâche. Ces difficultés sont analysées en référence au cadre Compety. Elles seront par la suite mises en relation avec les résultats des chapitres 7 et 8.

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

Nous faisons ici plutôt référence au cadre Compety pour faciliter la lecture des chapitres de résultats, mais également parce que ce cadre structure nos analyses. Il n'est toutefois pas le seul modèle utilisé pour interpréter les résultats. Nous nous appuyons également sur le modèle de gestion des risques d'Amalberti (1996).

Nous présentons ici la première partie d'analyse des résultats qui est centrée sur le développement des compétences en fonction du champ et du degré d'expérience.

Nous considérons qu'identifier les formes et le degré d'aide apportée par les formateurs est un moyen d'identification du degré d'autonomie des opérateurs, notamment parce que le guidage de l'activité est fonction du niveau de développement des compétences (Savoyant, 1995). L'analyse des interventions des formateurs devient alors un indicateur indirect des compétences des opérateurs (Rogalski *et al.*, 1994 ; Plat, Rogalski, 1999).

Tous les opérateurs ont atteint le but, à savoir l'identification du disjoncteur permettant la mise hors tension. Le temps n'est pas davantage un indicateur pertinent. Par exemple, un opérateur ayant des difficultés visuelles a passé davantage de temps à localiser un **no**ud de

branchement du bornier permanent²² : les numéros des fils sont particulièrement petits et très peu d'espace les sépare, ce bornier est mal éclairé. Le formateur n'est pas intervenu rapidement pour effectuer la localisation, sous la direction de l'opérateur. Un autre opérateur a eu des difficultés pour utiliser un multimètre de dernière génération, qu'il ne connaît pas. Habituellement le formateur intervient immédiatement. Celui qui était présent pour cette simulation n'est pas intervenu. L'opérateur a dû découvrir seul qu'il fallait appuyer sur un bouton pour que ne soit pas conservée en affichage la valeur de la mesure précédente.

Les interventions des formateurs nous permettent de différencier des opérateurs dont on peut considérer qu'ils ont réalisé la tâche seuls, et des opérateurs qui n'ont pu atteindre le but que grâce à l'aide apportée par le formateur. Si les variables champ et degré d'expérience agissent sur le développement des compétences, comme nous en faisons l'hypothèse, les opérateurs du groupe 4 — qui ont, à la fois, une expérience importante du métier et du poste de travail — devraient être ceux qui ont le moins besoin des interventions du formateur. Ils devraient être autonomes pour traiter le problème proposé. Inversement les opérateurs du groupe 1, en formation par alternance dans l'entreprise, devraient avoir besoin d'un guidage plus important que les opérateurs des autres groupes.

Nous nous appuyons sur le codage des interventions des formateurs pour ne nous intéresser qu'à celles qui constituent une aide au traitement du problème. Dans le codage « prédicat » « argument » utilisé, le prédicat représente les types d'interventions des formateurs : « simulation » ou « aide²³ ». Nous ne nous intéressons ici qu'aux aides.

Par ailleurs, certaines aides, variables en fonction des formateurs ou des groupes de sujets, ne sont pas prises en compte.

Les interventions des formateurs qui concernent des outils qui ne sont pas utilisés habituellement par les opérateurs ne sont pas considérées comme des aides. Les interventions des formateurs sont variables sur ce point, comme nous venons de le voir.

Il s'agit également d'interventions qui portent sur le respect des règles formelles. Nous avons en effet noté que pour un même type de risque, par exemple la manipulation de fils sous tension, certains formateurs interdisaient l'action alors que d'autres se contentaient de signaler la présence du risque et laissaient l'action se dérouler selon la décision de l'opérateur. De la même façon, si un seul et même formateur était présent pour toutes les simulations des opérateurs du groupe 1, « jeunes » en formation en alternance, ses interventions sur le port des équipements et protections individuels ne concernent que ce groupe d'opérateurs et

²² Il n'avait pas sur lui les lunettes de vue qu'il porte habituellement pour effectuer des travaux de maintenance.

²³ Voir chapitre 5.

disparaissent quand il s'agit d'opérateurs plus expérimentés²⁴.

Enfin, le code « aide à la réponse » devrait nous permettre de différencier des opérateurs pour lesquels la première intervention du formateur s'est révélée inefficace. Les échecs des ces interventions peuvent être interprétés selon deux aspects en interaction : les compétences du formateur, celles de l'opérateur. Notre étude ne portant pas sur les compétences des formateurs, nous privilégions ce second aspect.

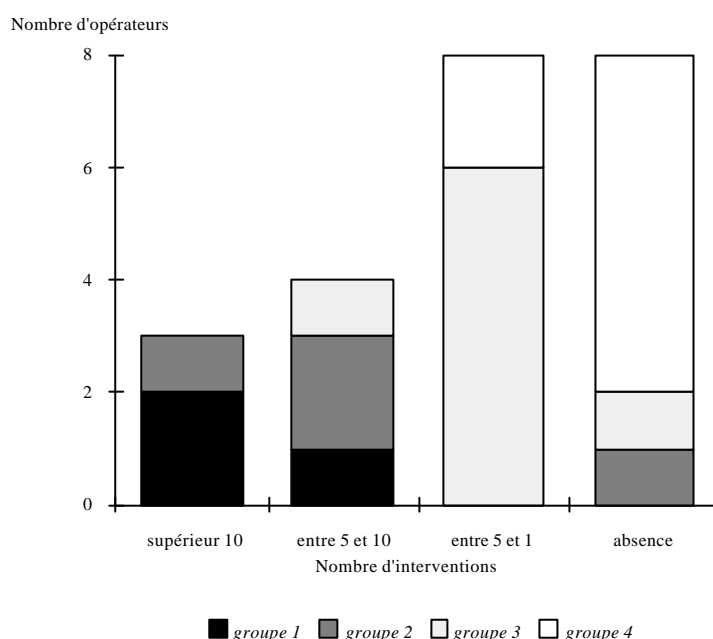
Dans un premier temps, les interventions des formateurs seront utilisées pour analyser le niveau de développement des compétences, en fonction du champ et du degré d'expérience. Elles sont ensuite utilisées comme indicateur pour préciser des difficultés des opérateurs. Deux points seront abordés : difficultés de diagnostic et difficultés de gestion des risques.

²⁴ Ces interventions semblent liées à la conception qu'a le formateur de la sécurité et/ou à sa représentation des compétences des opérateurs.

1. LE DEVELOPPEMENT DES COMPETENCES EN FONCTION DU CHAMP ET DU DEGRE D'EXPERIENCE

Par rapport aux variables champ et degré d'expérience, qui fondent la constitution des groupes, le nombre d'interventions des formateurs est hétérogène²⁵. Nous pouvons toutefois identifier des tendances (schéma 13).

Schéma 13 : Nombre d'interventions du formateur en fonction du champ et du degré d'expérience



Le groupe 1 est composé de « jeunes » en formation en alternance, le groupe 2 de « jeunes opérateurs », le groupe 3 d'expérimentés mais pas au poste de travail, le groupe 4 d'expérimentés.

Globalement, le champ et le degré d'expérience ont un effet sur le développement des compétences des opérateurs : l'autonomie s'accroît en fonction de ces deux variables (schéma 13) :

La totalité des opérateurs du groupe 4 et la majorité des opérateurs du groupe 3 (sept opérateurs sur huit) comptabilisent un nombre d'interventions des formateurs compris entre 0 et 5, contrairement aux opérateurs des groupes 1 et 2.

Bien que la différence soit moins importante, le champ de l'expérience a également un effet sur le développement des compétences. Nous nous appuyons sur les différences entre les

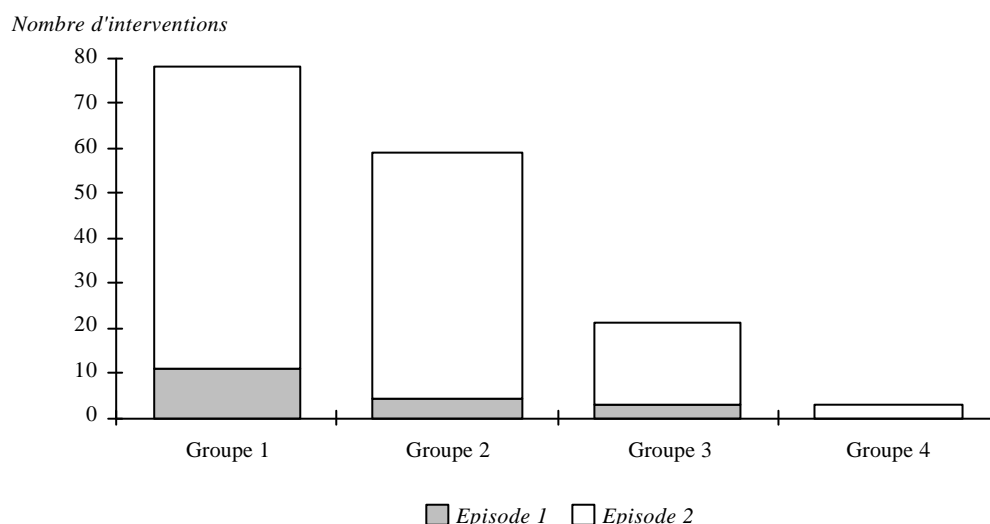
²⁵ Détail en annexe du chapitre 6.

opérateurs du groupe 3, composé d'opérateurs qui ont une expérience du métier mais pas du poste de travail, et les opérateur du groupe 4 qui ont, à la fois, une expérience du métier et du poste de travail :

Huit opérateurs sont totalement autonomes, il s'agit majoritairement d'opérateurs du groupe 4 (six opérateurs sur huit), ce qui représente la majorité des opérateurs de ce groupe (75 % de l'effectif total). C'est le cas d'un seul opérateur du groupe 3.

La majorité des opérateurs du groupe 3— six sur huit, soit 75 % de l'effectif de ce groupe — comptabilise un nombre d'interventions compris entre 1 et 5. Seuls deux opérateurs du groupe 4 sont dans ce cas.

Schéma 14 : Somme des interventions des formateurs, par épisodes, en fonction du champ et du degré d'expérience



Le groupe 1 est composé de « jeunes » en formation en alternance, le groupe 2 de « jeunes opérateurs », le groupe 3 d'expérimentés mais pas au poste, le groupe 4 d'expérimentés. L'épisode 0 n'étant pas réalisé par tous les opérateurs, il n'est pas ici pris en compte. L'épisode 1 correspond à la mise hors tension dans une situation normale, et l'épisode 2 dans une situation anormale.

Les interventions des formateurs sont centrées sur l'épisode 2, mise hors tension dans une situation anormale. Ces interventions diminuent en fonction de l'expérience du métier et de l'expérience au poste.

Les interventions sont moins nombreuses durant l'épisode 1 — mise hors tension dans une situation normale (épisode 1, schéma 14) — ; elles diminuent également en fonction de l'expérience du métier et de l'expérience au poste.

Si l'on considère le développement des compétences comme la possibilité de maîtriser des situations qui s'éloignent de plus en plus de la situation « prototypique », celle-ci pouvant être traitée en mettant en œuvre une procédure connue stéréotypée, éventuellement prescrite,

comme le propose Pastré (1999, a), le nombre d'interventions des formateurs pour les épisodes 1 et 2 nous fournit un indicateur indirect de ce développement en fonction de deux temps de la situation de simulation. L'épisode 1, mise hors tension dans une situation normale représente une situation prototypique, contrairement à l'épisode 2, mise hors tension dans une situation anormale.

Les opérateurs les plus compétents sont alors ceux qui sont autonomes, y compris pour traiter la situation non prototypique. Il s'agit principalement des opérateurs du groupe 4 et, dans une moindre mesure, des opérateurs du groupe 3. Les opérateurs du groupe 1 ont été guidés, y compris pour traiter la situation prototypique. Leurs compétences ne permettent donc pas un traitement autonome des situations les plus courantes, ne nécessitant que la mise en œuvre de procédures stéréotypées.

Les opérateurs du groupe 2 semblent occuper une position intermédiaire : durant l'épisode 1, le nombre d'interventions des formateurs est moins important que pour les opérateurs du groupe 1 ; il est très proche de celui des opérateurs du groupe 3. En revanche, le nombre d'interventions durant l'épisode 2 reste élevé comparativement au groupe 3. Les compétences développées par les opérateurs du groupe 2 leur permettent de traiter la situation prototypique avec un niveau d'autonomie proche de celui d'opérateurs plus expérimentés. En revanche, ce n'est pas le cas pour une situation non prototypiques. Ils sont alors plus proches des opérateurs en formation initiale (groupe 1).

Pour résumer, bien que le nombre d'interventions des formateurs soit hétérogène pour un même groupe d'opérateurs, les tendances suivantes sont observées :

L'autonomie s'accroît avec le développement de l'expérience du métier et de l'expérience au poste. Elle est plus importante pour réaliser la mise hors tension dans une situation normale — « prototypique », pour reprendre les termes de Pastré — que pour l'effectuer dans une situation anormale. Par ailleurs, les opérateurs les moins expérimentés sont moins autonomes, y compris dans le traitement de la situation normale. De plus, avec le développement de l'expérience du métier et de l'expérience au poste, les aides sont très localisées²⁶.

Les deux variables externes, champ et degré d'expérience, à partir desquelles nous avons construit les quatre groupes d'opérateurs, ont un effet sur l'accroissement de l'autonomie, indicateur du développement des compétences des opérateurs.

²⁶ Voir les annexes du chapitre 6.

2. LES DIFFICULTES DES OPERATEURS POUR EFFECTUER LA MISE HORS TENSION

Nous cherchons ici à identifier les problèmes rencontrés par les opérateurs au cours de la réalisation de la tâche de simulation. Nous présenterons une première analyse des problèmes rencontrés par les opérateurs, en nous appuyant comme précédemment sur les interventions des formateurs. Nous nous attacherons à préciser ces difficultés pour sept opérateurs, qui comptabilisent le nombre d'interventions le plus élevé, et qui semblent avoir eu des difficultés plus particulièrement concernant les activités diagnostic. Enfin, nous nous centrerons sur des difficultés qui concernent plus précisément la gestion des risques : non identification du risque, prise de décision impliquant la gestion simultanée de plusieurs risques, décisions inappropriées de mise hors tension.

2.1. LES PROBLEMES RENCONTRES PAR LES OPERATEURS

Nous ne nous intéressons ici qu'aux opérateurs qui ont bénéficié d'interventions de la part des formateurs. Deux catégories d'opérateurs sont différenciées ²⁷ :

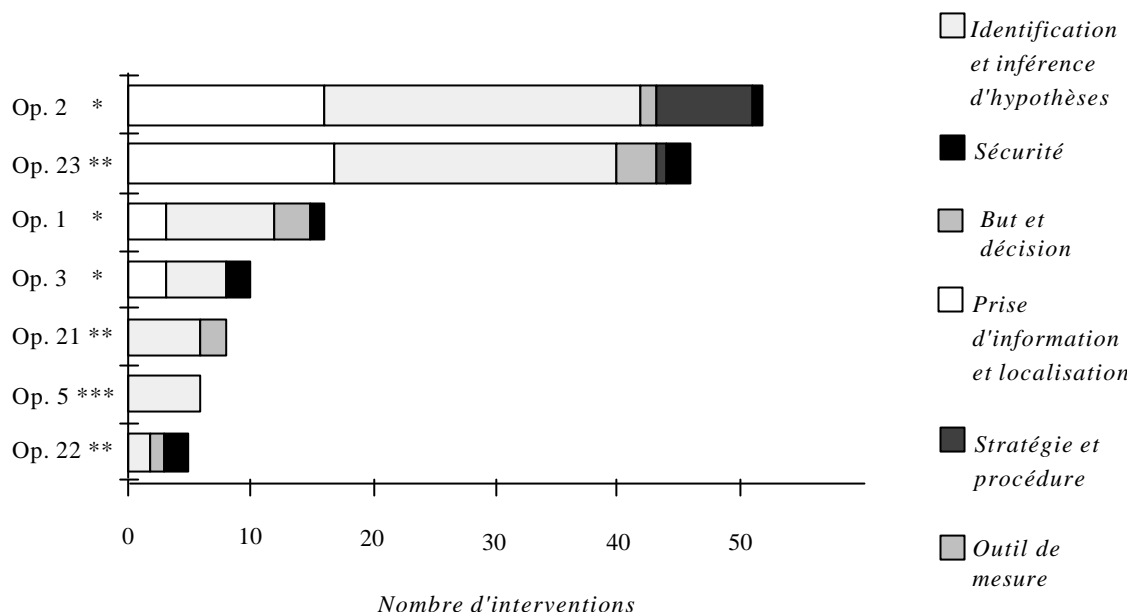
- Des opérateurs qui ont bénéficié d'au moins cinq interventions de la part des formateurs.
- Des opérateurs qui ont bénéficié de moins de cinq interventions.

Nous centrerons notre analyse sur les premiers.

L'analyse des difficultés des opérateurs prend appui, comme précédemment, sur les interventions des formateurs. Nous nous intéressons ici au contenu de ces interventions. Elles sont, d'une part, regroupées en fonction de la catégorie d'activités sur laquelle elles portent : prise d'information et localisation ; identification (d'état, de relation) et inférence d'hypothèses ; but et décision ; stratégie et procédure. D'autre part, les interventions portant sur la sécurité (c'est-à-dire les interventions portant sur des activités risquées ou l'apport de connaissances sur les règles, les normes de sécurité) et sur les outils de mesure sont isolées.

²⁷ L'analyse détaillée de l'ensemble est présentée en annexe du chapitre 6.

Schéma 15 : Le contenu des interventions des formateurs



Les opérateurs notés avec le signe « * » appartiennent au groupe 1 (jeunes en formation en alternance) ; avec le signe « ** », au groupe 2 (jeunes opérateurs) ; avec le signe « *** », au groupe 3 (expérimentés mais pas au poste de travail).

La difficulté principale, qui concerne tous ces opérateurs, porte sur les identifications et les inférences d'hypothèses (schéma 15 donc le diagnostic).

Pour quatre opérateurs les difficultés d'identification et d'inférence d'hypothèses s'accompagnent de difficultés portant sur la prise d'information (schéma 15). Or, il s'agit de points clés pour réaliser la tâche de simulation, qui nécessite la mise en œuvre d'une stratégie de diagnostic pour identifier le disjoncteur qui permet réellement la mise hors tension.

Nous analyserons de façon plus détaillée les difficultés de ces opérateurs, notamment celles de deux d'entre eux (opérateurs 2, du groupe 1 et 23 du groupe 2), qui paraissent plus importantes et diversifiées.

D'autre part, pour tous les opérateurs du groupe 1 et une partie des opérateurs du groupe 2, nous relevons des difficultés à propos de la gestion des risques. Nous reviendrons également sur ce point, en nous intéressant uniquement aux interventions qui portent sur des activités risquées et en élargissant notre analyse à d'autres opérateurs qui ont également eu ce type de difficultés.

2.2. DES DIFFICULTES DE DIAGNOSTIC

Les difficultés de diagnostic rencontrées par les opérateurs concernent deux types de stratégies, que nous caractériserons de façon plus précise ultérieurement²⁸. Ici, nous cherchons à préciser ces difficultés à partir des interventions des formateurs. Dans cette perspective, nous avons regroupé des sous-épisodes communs à plusieurs de ces opérateurs, de façon à analyser les interventions des formateurs de façon plus détaillée et ainsi à préciser les difficultés de diagnostic.

Nous observons, notamment, soit la formulation de plusieurs hypothèses à partir du repérage²⁹ des disjoncteurs, hypothèses préalables à l'identification du « bon » disjoncteur, soit l'identification du « bon » disjoncteur en se basant sur des anomalies.

2.2.1. Les difficultés concernant les hypothèses préalables à l'identification du « bon » disjoncteur

Dans l'épisode 2, plusieurs hypothèses concernant différents disjoncteurs sont formulées, avant d'identifier le disjoncteur DJ 11³⁰, par les opérateurs 1 et 3 du groupe 1, 21 et 22 du groupe 2. Il s'agit, notamment, de disjoncteurs dont le code alphanumérique comporte « éclairage » ou « sortie ». Leur stratégie de diagnostic peut se résumer de la façon suivante :

1. Contrôles visuels du dispositif et hypothèses sur plusieurs disjoncteurs.
2. Identification des contraintes de mise hors tension.
3. Mise hors tension du disjoncteur DJ 11.
4. Contrôle de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie.

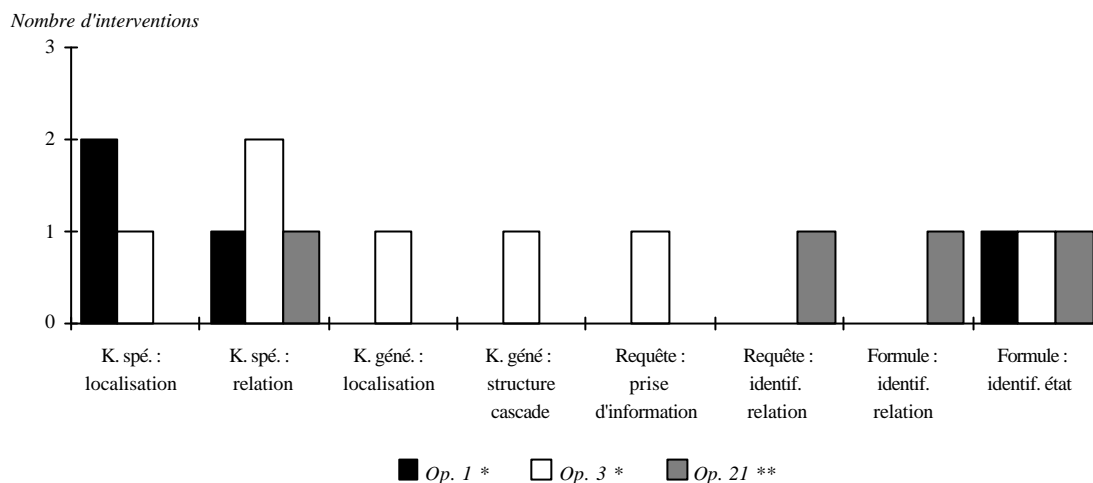
Durant cette dernière phase aucune intervention des formateurs n'est observée. Nous examinons les trois premières.

²⁸ Les stratégies de diagnostic sont présentées de façon détaillée dans le chapitre 7.

²⁹ Étiquetage des disjoncteurs.

³⁰ L'un des deux disjoncteurs permettant réellement la mise hors tension, étant donné l'erreur de branchement.

Schéma 16 : Les interventions des formateurs concernant les contrôles visuels et les hypothèses sur plusieurs disjoncteurs, opérateurs 1, 3 et 21 (épisode 2)



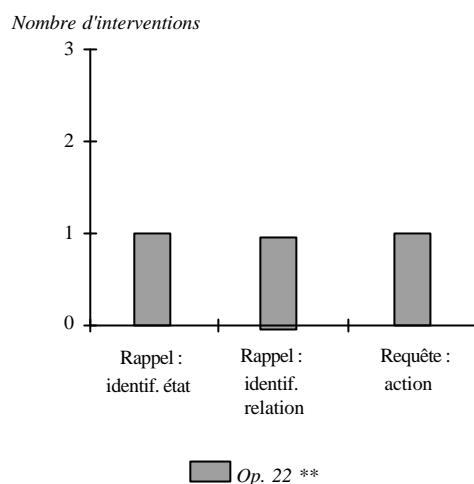
Les opérateurs notés avec le signe « * » appartiennent au groupe 1 (jeunes en formation en alternance) ; avec le signe « ** », au groupe 2 (jeunes opérateurs).
 « K. spé. » signifie : apport de connaissances spécifiques ; « K. gén. » : apport de connaissances générales, et « identif. » signifie : identification.

Les opérateurs effectuent des contrôles du dispositif et élaborent plusieurs hypothèses sur les disjoncteurs. Durant cette phase, l'opérateur 3 (groupe 1) bénéficie de sept interventions du formateur. Elles sont moins nombreuses pour les opérateurs 1 (groupe 1) et 21 (groupe 2).

Le formateur apporte aux trois opérateurs des connaissances spécifiques (schéma 16). Il s'agit de la localisation de dispositifs techniques ou des relations entre un disjoncteur et un dispositif technique. Ces informations sont données en réponse à une hypothèse sur un disjoncteur. Elles évitent le déplacement de l'opérateur pour réaliser une mesure sur le porte-fusibles (test d'hypothèse). Elles indiquent que ces opérateurs utilisent le repérage des disjoncteurs : les informations portées sur les étiquettes.

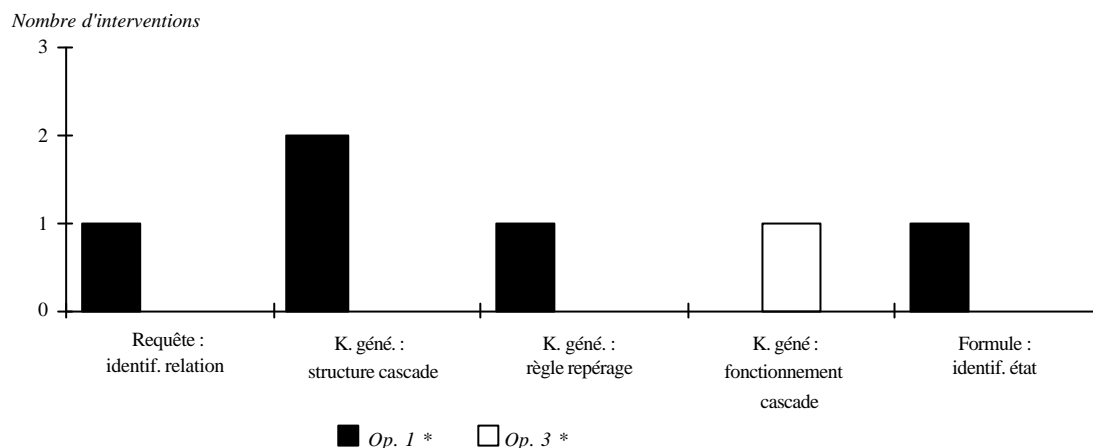
La nature des interventions est plus variée pour l'opérateur 3 et dans une moindre mesure pour l'opérateur 21. Elles sont également constituées d'apports de connaissances générales (opérateur 3), de requêtes (opérateur 3 et 21) et d'aides au diagnostic (opérateurs 3 et 21). Il semble donc que les formateurs cherchent à orienter la prise d'information pour effectuer les contrôles du dispositif.

Schéma 17 : Les interventions des formateurs concernant les contraintes de mise hors tension, opérateurs 22 (épisode 2)



Seul un opérateur est aidé à propos des contraintes de mise hors tension (opérateur 22, groupe 2, schéma 17). Les interventions du formateur sont peu nombreuses : deux concernent le diagnostic et une requête d'action. Ces interventions ont lieu à propos d'un test systématique d'hypothèses qui impliquent la coupure de plusieurs disjoncteurs. Nous reviendrons sur ce point.

Schéma 18 : Les interventions des formateurs durant la mise hors tension du disjoncteur DJ 11, opérateurs 1 et 3 (épisode 2)



Les opérateurs notés avec le signe « * » appartiennent au groupe 1 (jeunes en formation en alternance) ; avec le signe « ** », au groupe 2 (jeunes opérateurs).
« K. spé. » signifie : apport de connaissances spécifiques ; « K. gén. » : apport de connaissances générales, et « identif. » signifie : identification.

Lors de la mise hors tension du disjoncteur DJ 11, les interventions ne concernent plus que les deux opérateurs du groupe 1 (opérateurs 1 et 3, schéma 18).

Elles sont plus nombreuses et plus diversifiées pour l'opérateur 1 que pour l'opérateur 3, contrairement aux contrôles et inférences d'hypothèses précédents (schéma 18).

Elles portent ici sur l'hypothèse du disjoncteur DJ 11 comme étant en amont du panneau de sortie. Plus précisément, pour l'opérateur 1, elles portent sur le critère qui a conduit à faire l'inférence d'hypothèse. Le critère retenu, non pertinent, est la proximité d'un disjoncteur avec le disjoncteur DJ 43. Suite à une demande d'explicitation du formateur, il précise :

« Je vérifie s'il peut être **pris sur un autre juste à côté.** »

Ce qui explique les interventions du formateur. En effet, pour éliminer cette hypothèse, un simple contrôle visuel des fils amont et aval des disjoncteurs est suffisant : le formateur formule une requête, rappelle les règles de repérage (numérotation des fils) et la structure de la cascade de distribution.

Pour l'opérateur 3, l'intervention du formateur ne porte pas sur ce point, bien que les critères utilisés soient également problématiques comme nous le verrons plus loin (cf. chapitre

7). Elle fait suite à une question concernant le fonctionnement de l'éclairage du panneau de sortie.

Durant l'épisode 2, mise hors tension dans une situation anormale, une partie des interventions des formateurs consiste à donner des informations pour éviter la réalisation d'un test d'hypothèse à trois opérateurs (opérateurs 1, 3, groupe 1, et 21, groupe 2). Elles indiquent que ces opérateurs utilisent le repérage des disjoncteurs pour contrôler le dispositif, élaborer des hypothèses ; ce qui constitue un critère faible.

Les interventions sont plus nombreuses et plus variées pour les opérateurs du groupe 1 que pour les opérateurs 21 et 22 (groupe 2). Elles portent aussi bien sur les contrôles du dispositif et les tests d'hypothèses sur plusieurs disjoncteurs, que sur l'hypothèse du disjoncteur DJ 11. Pour l'opérateur 21, elles ne portent que sur le premier point. Elles ne concernent que l'identification des contraintes de mise hors tension, pour l'opérateur 22. Ces interventions traduisent des difficultés pour discerner les informations pertinentes et des difficultés concernant les critères qui conduisent l'opérateur à faire des inférences « sur le bon disjoncteur », particulièrement en ce qui concerne l'opérateur 1 (groupe 1).

Si les notions de continuité et de sens de distribution de l'énergie sont des concepts pragmatiques, comme nous en faisons l'hypothèse (chapitre 4), elles ne semblent pas ici guider la stratégie de diagnostic des opérateurs. Nous précisons ce point au chapitre 7.

Globalement les opérateurs du groupe 2 semblent plus autonomes que ceux du groupe 1.

2.2.2. Les difficultés d'identification du bon disjoncteur à partir d'anomalies

L'une des stratégies de diagnostic adoptée par les opérateurs est fondée sur l'identification d'anomalies. Elle peut être résumée de la façon suivante :

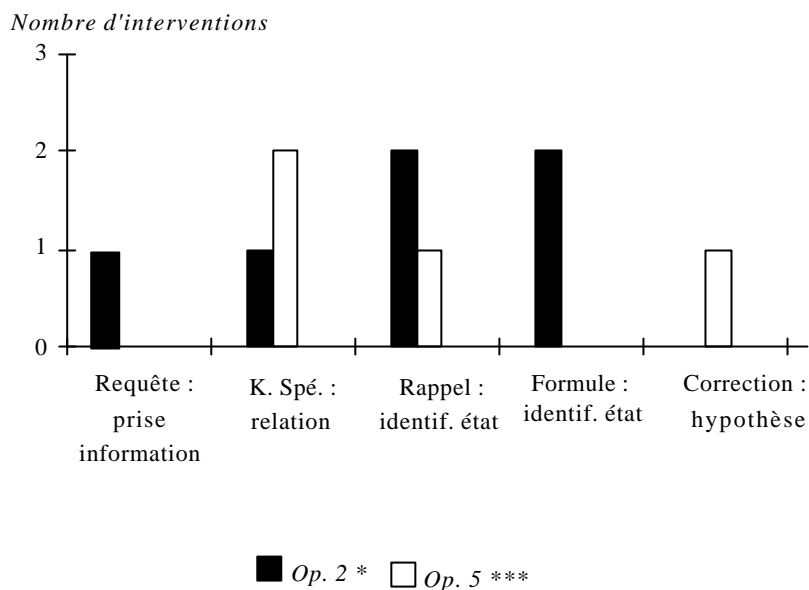
1. Contrôle du dispositif.
2. Identification d'anomalies.
3. Traitement des anomalies.
4. Inférences et test d'hypothèse(s) issus du traitement des anomalies.

Nous examinons ces différents points en fonction de l'existence ou non d'interventions des formateurs.

Les opérateurs 2 (groupe 1), 23 (groupe 2) et 5 (groupe 3) mettent en œuvre cette stratégie. Étant donné le nombre et la diversité des difficultés que semblent avoir eues les deux premiers opérateurs (schéma 15, pages précédentes), nous les détaillerons plus précisément. Les difficultés de l'opérateur 5 sont plus locales et moins importantes.

Schéma 19 : Les interventions des formateurs lors des contrôles du dispositif,

opérateurs 2 et 5, épisode 2



*Seuls les opérateurs ayant bénéficié d'une intervention sont représentés. Les opérateurs notés avec le signe « * » appartiennent au groupe 1 (jeunes en formation en alternance) ; avec le signe « *** », au groupe 3 (expérimentés mais pas au poste de travail). « K. spé. » signifie : apport de connaissances spécifiques, et « identif. » signifie : identification.*

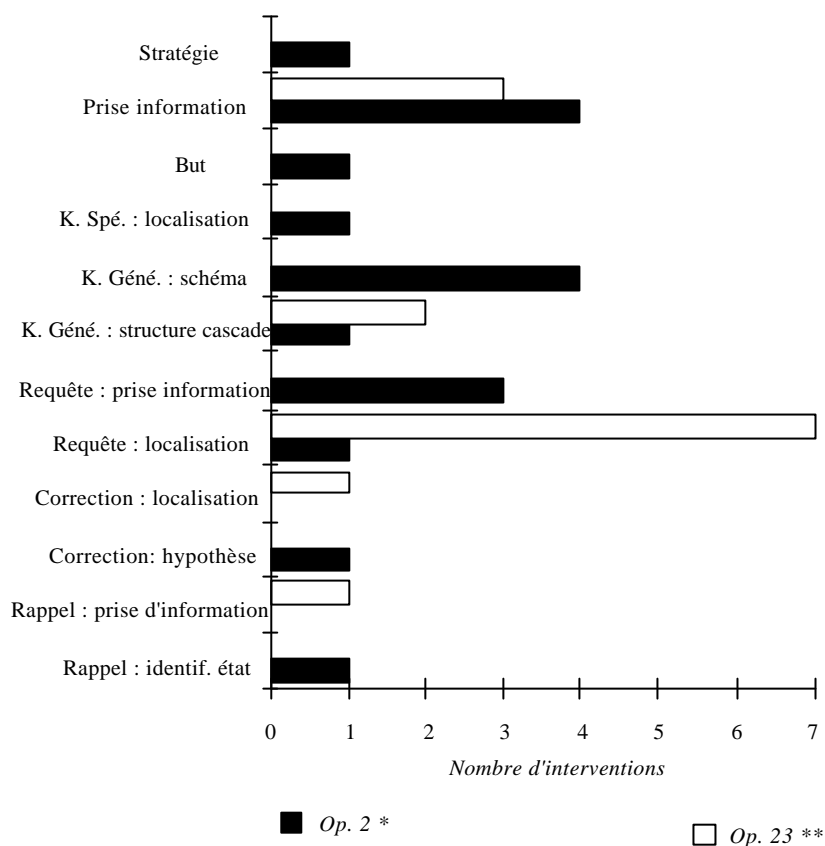
Lors de la réalisation des contrôles du dispositif, les formateurs ne sont intervenus que pour l'opérateur 2 du groupe 1 et l'opérateur 5 du groupe 3 (schéma 19).

L'opérateur 2 bénéficie de six interventions, l'opérateur du groupe 3 de quatre.

Réaliser des contrôles du dispositif nécessite de se représenter différentes causes à l'origine du symptôme observé — présence de tension sur le porte-fusibles malgré la coupure du « bon disjoncteur » — pour identifier différents points à contrôler. Les connaissances spécifiques apportées par le formateur indiquent que les opérateurs se sont intéressés au repérage des disjoncteurs. Ce qui le conduit à formuler des identifications d'état (opérateur 2), à rappeler des identifications d'état formulées antérieurement par les opérateurs (opérateur 2 et dans une moindre mesure opérateur 5). Il semble que le formateur ait ainsi voulu orienter les contrôles que les opérateurs effectuent. Pour l'opérateur 2, il va jusqu'à guider plus fortement la prise d'information (requête de prise d'information), comme nous l'avons précédemment relevé pour l'opérateur du groupe 1 (opérateur 3, schéma 19).

Les contrôles du dispositif de l'opérateur 2 sont plus fortement guidés par le formateur. Ils le sont moins en ce qui concerne l'opérateur 5. Dans son cas, il ne s'agit pas de requête ou de formulation directe d'identification d'état. Cet opérateur est plus autonome pour prendre des informations, faire des inférences.

Schéma 20 : Les interventions des formateurs lors de l'identification d'anomalies, opérateurs 2 et 23, épisode 2



Seuls les opérateurs ayant bénéficié d'une intervention sont représentés.
 Les opérateurs notés avec le signe « * » appartiennent au groupe 1 (jeunes en formation en alternance)
 ; avec le signe « ** » , au groupe 2 (jeunes opérateurs).
 « K. spé. » signifie : apport de connaissances spécifiques, « K. gén. » : apport de connaissances
 générales, et « identif. » signifie : identification.

Pour identifier les anomalies, seuls les opérateurs 2 (groupe 1) et 23 (groupe 2) sont guidés.

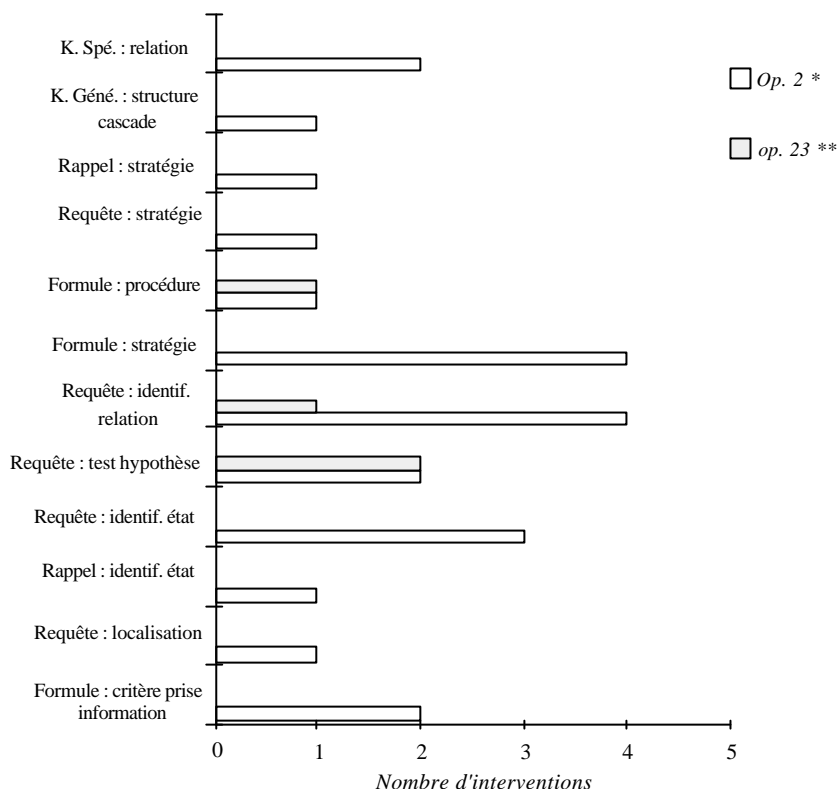
Les interventions sont importantes et diversifiées pour l'opérateur 2. Elles concernent aussi bien le diagnostic (identification d'état, hypothèses) que la prise d'information, la localisation d'éléments ou encore des connaissances plus générales ayant trait à la structure de la cascade, à la lecture et à l'interprétation des schémas. Moins diversifiées pour l'opérateur 23, elles portent sur des localisations, des prises d'information et la connaissance de la structure de la cascade.

L'identification des anomalies nécessite une représentation suffisante de la cascade de distribution pour identifier les nœuds de branchement à contrôler, localiser ces nœuds de branchement sur le dispositif, effectuer des contrôles. Cela nécessite également de disposer

d'un modèle de normalité permettant de repérer les anomalies, ou encore d'être en mesure d'utiliser les schémas. Il semble que ces dimensions ne soient pas totalement acquises par l'opérateur 2, et dans une moindre mesure par l'opérateur 23, particulièrement en ce qui concerne les localisations et prises d'information.

Au regard du nombre de requêtes formulées (schéma 20), il semble que le formateur ait pris en charge la stratégie de diagnostic des opérateurs : il demande de localiser des éléments, de prendre des informations et apporte de l'aide sur ces deux points aux deux opérateurs.

Schéma 21 : Les interventions des formateurs lors du traitement d'anomalies, opérateurs 2 et 23, épisode 2

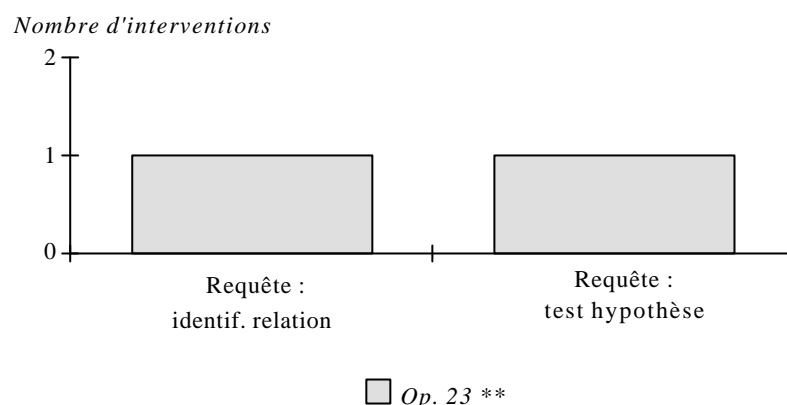


Seuls les opérateurs ayant bénéficié d'une intervention sont représentés. Les opérateurs notés avec le signe « * » appartiennent au groupe 1 (jeunes en formation en alternance) ; avec le signe « ** », au groupe 2 (jeunes opérateurs). « K. spé. » signifie : apport de connaissances spécifiques ; « K. géné. » : apport de connaissances générales, et « identif. » signifie : identification.

Utiliser les anomalies pour identifier le « bon » disjoncteur nécessite de les mettre en rapport avec l'état de fonctionnement du dispositif. C'est-à-dire d'identifier l'état (sous tension ou non) du nœud de branchement qui les concerne. Et de le mettre en rapport avec la structure du dispositif, plus précisément d'identifier des relations entre une anomalie et les différents éléments qui composent la cascade d'alimentation.

Les aides apportées à l'opérateur 23 (groupe 2) sont peu importantes, elles concernent surtout des requêtes de test d'hypothèse. Les interventions concernent ici majoritairement l'opérateur 2 (groupe 1). Le traitement des anomalies est quasiment entièrement guidé par le formateur. Ses interventions portent aussi bien sur les prises d'information que sur le diagnostic (identification et inférence d'hypothèses), ou sur la stratégie à mettre en œuvre.

Schéma 22 : Les interventions des formateurs lors du test d'hypothèse issu du traitement d'anomalies, opérateur 23, épisode 2



*Seuls les opérateurs ayant bénéficié d'une intervention sont représentés.
Les opérateurs notés avec le signe « * » appartiennent au groupe 2 (jeunes opérateurs).
« Identif. » signifie : identification.*

Lors de la réalisation du contrôle de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie, moyen de test de l'hypothèse, un seul opérateur est guidé : l'opérateur 23. Le guidage porte sur le diagnostic.

Pour résumer, la stratégie de diagnostic de l'opérateur 2 (groupe 1) est presque entièrement guidée par le formateur. Il est guidé pour identifier des anomalies et les traiter. Il semble avoir des difficultés pour mettre en rapport les anomalies avec le fonctionnement et la structure du système et ne semble pas disposer de stratégie de diagnostic. Seuls les contrôles de tension sur le porte-fusibles (tests d'hypothèses) sont réalisés de façon autonome.

L'opérateur 23 (groupe 2) est plus particulièrement guidé dans ses prises d'information, ses localisations d'éléments et aidé à se représenter la structure de la cascade d'alimentation, lors de l'identification d'anomalies. Ses difficultés semblent porter sur la représentation de la cascade et la prise d'informations pertinentes pour effectuer des contrôles de conformité du dispositif.

Si la continuité et le sens de distribution de l'énergie sont des concepts pragmatiques, comme nous en faisons l'hypothèse (chapitre 4), ils pourraient ne pas être suffisamment maîtrisés chez ces opérateurs. Ce type de concept articule prise d'information et action, et guide les stratégies de diagnostic des opérateurs (Pastré, 1999 b; Samurçay, 2000, par exemple). Pour l'opérateur du groupe 2, seuls les aspects représentationnels semblent en cause. Pour l'opérateur du groupe 1, il s'agit des aspects représentationnels mais aussi des traitements. Il semble en effet ne pas savoir quoi faire une fois qu'une anomalie est identifiée.

Un troisième opérateur ayant des difficultés de diagnostic était concerné par cette stratégie : l'opérateur 5 (groupe 3). Les interventions du formateur sont peu importantes et localisées en ce qui le concerne. Elles ne portent que sur les contrôles du dispositif. L'identification d'anomalie, leur traitement, et les tests d'hypothèses qui en résultent sont réalisés de façon

autonome.

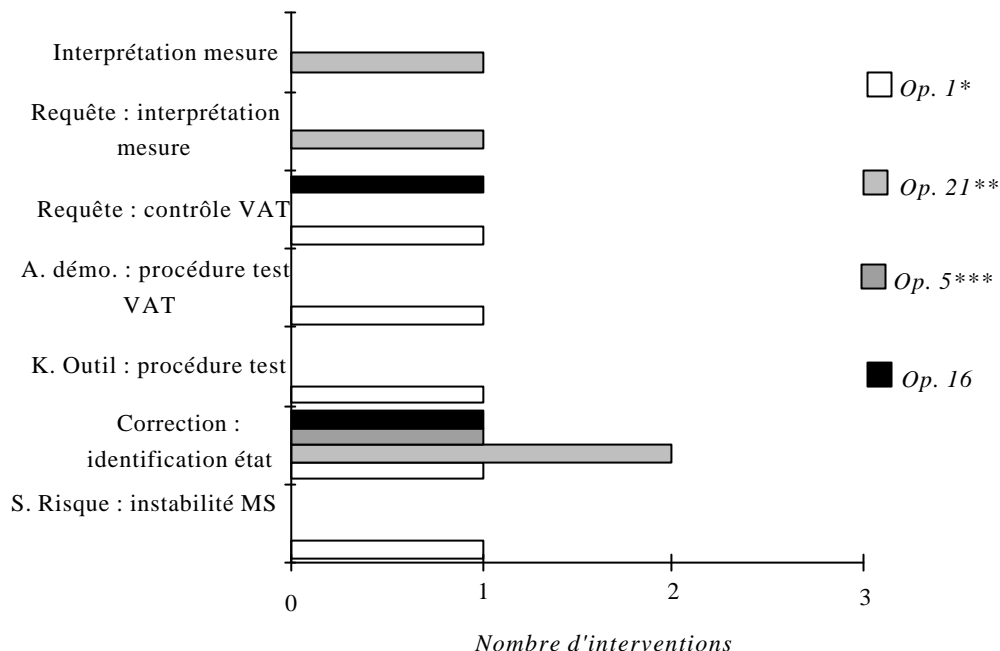
2.3. DES PROBLEMES DE GESTION DES RISQUES

Indépendamment de ces difficultés de diagnostic, nous avons isolé des sous-épisodes particuliers pour mettre en évidence des problèmes de gestion des risques. Ils concernent la non-identification d'un risque ou la prise d'une décision risquée. Trois points sont abordés : l'échec d'identification de la présence de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie, la prise d'une décision impliquant la gestion simultanée de plusieurs risques, des décisions de mise hors tension inappropriées.

2.3.1. L'échec d'identification de la présence de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie

Quatre opérateurs n'identifient pas la présence de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie. Ces échecs se produisent lors du premier contrôle de tension sur le porte-fusibles, soit dans l'épisode 0, prise d'information préalable à la mise hors tension, soit dans l'épisode 1, mise hors tension dans une situation anormale. Dans ces deux séquences, l'opérateur peut en inférer l'élimination du risque électrique, alors que ce n'est pas le cas.

Schéma 23 : Les interventions des formateurs lors de la réalisation d'un contrôle de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie, épisodes 0 et 1



Seuls les opérateurs ayant bénéficié d'une intervention sont représentés. Les opérateurs notés avec le signe « * » appartiennent au groupe 1 (jeunes en formation en alternance) ; avec le signe « ** » , au groupe 2 (jeunes opérateurs) ; avec le signe « *** » , au groupe 3 (expérimentés mais pas au poste de travail) ; enfin sans aucun signe, au groupe 4 (expérimentés). « A. démo » signifie : action de démonstration ; « K. outil » : connaissance portant sur un outil de mesure ; « S. risque » : signale un risque.

Quatre opérateurs n'identifient pas la présence de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie : opérateurs 1 (groupe 1), 21 (groupe 2), 5 (groupe 3) et 16 (groupe 4). Ce qui donne lieu à des corrections de la part des formateurs.

Pour les opérateurs 1, 16 et 5, ces erreurs sont dues à des difficultés d'utilisation de l'outil de mesure, et/ou à une erreur d'identification du nœud de branchement aval, qui est le seul sous tension (ce point est détaillé au chapitre 7).

En effet, en situation d'autoconfrontation les opérateurs 1 et 16 précisent qu'ils n'ont pas réalisé le contrôle sur le bon nœud de branchement et qu'ils ont eu des difficultés pour utiliser le VAT. L'opérateur 16 change d'ailleurs d'outil de mesure et utilise par la suite uniquement le multimètre (ce point est repris chapitre 8).

Par exemple, l'échange suivant avec l'opérateur 16 en autoconfrontation :

« Pour vérifier là, vous avez commencé par utiliser le VAT.

— Le VAT, oui. **Mais je me suis pris sur les mauvaises bornes.** Parce que j'ai pas vu

que c'était un nouveau porte-fusibles.

— D'accord. Qu'est-ce qui est différent ?

— C'est-à-dire que pour les nouveaux porte-fusibles, c'est une coupure à deux pôles, tandis que les anciens c'est une coupure à un pôle. Et puis, **l'alimentation, elle est prise en haut.**

— D'accord donc c'est pour ça, parce qu'au début, j'avais l'impression que vous étiez gêné avec le VAT.

— Oui, parce que le **VAT, vous savez, il faut pousser dessus les pôles pour pouvoir faire le contact**³¹. Voilà.

— C'est pour ça qu'après vous préférez prendre le multimètre ?

— Oui, **après j'ai préféré prendre le métrix (multimètre).** »

La difficulté d'utilisation du VAT est visiblement identifiée par le formateur qui demande aux opérateurs (1 et 16, schéma 23) d'effectuer un test de fonctionnement du VAT. Ce qui lui permet d'obtenir des informations sur ces difficultés, au moins pour l'opérateur 1 qui effectue le test. Le formateur est alors amené à préciser la procédure de test et à réaliser une démonstration de sa mise en œuvre.

L'opérateur 5 (groupe 3) n'utilise pas le VAT mais d'emblée le multimètre. En situation, il réalise la mesure d'abord seul. Puis après l'intervention, il se fait aider par le formateur, qui tient le corps de l'appareil lors de la réalisation de la mesure. En autoconfrontation, il commente :

« Là on va s'apercevoir qu'il y a encore du courant dessus. C'est la surprise. **Là il faut bien être deux.** Parce que bon là j'avais l'appareil dans les mains et **je pouvais pas boutonner les deux fiches, d'où la nécessité de travailler en équipe.**

— Vous aviez l'appareil dans les mains plus les deux fiches.

— Oui, parce qu'avec l'écartement on touche et il y a le bidule. C'est pas accessible. **Et quand c'est pas accessible, il faut que j'aie mes deux mains libres et que mon collègue ait l'appareil. C'est pour ça en fait que j'avais pas touché la première fois.** »

En effet, en situation réelle, les opérateurs travaillent systématiquement en binôme, ce qui permet l'aide pour réaliser une mesure. Sur douze opérateurs réalisant une mesure avec le multimètre, neuf sont aidés de la même façon que l'opérateur 5. Du fait des contraintes de la simulation, son schème d'utilisation du multimètre semble avoir été modifié.

³¹ Les contraintes d'utilisation des outils de mesure (VAT et multimètre) sont expliquées en annexe du chapitre 8.

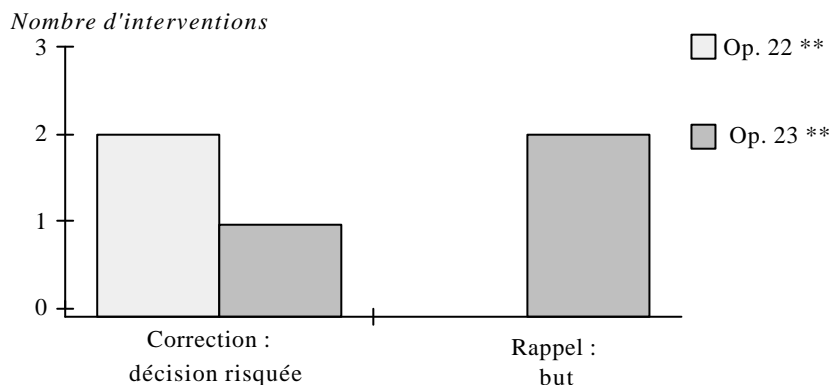
Ce n'est pas le cas de l'opérateur 21 (groupe 2). Le test de fonctionnement du VAT ne lui est pas demandé. La difficulté relève de l'interprétation de la mesure. En effet en situation, le VAT a émis un signal sonore qui indique une présence de tension³². L'interprétation de la mesure est erronée et donne lieu à des interventions du formateur. Elles portent sur l'identification de l'état et l'interprétation de la mesure (schéma 23). Ce dernier point est absent des interventions destinées aux autres opérateurs.

Il est peu probable que cet opérateur éprouve de telles difficultés en situation réelle.

L'instabilité du panneau de sortie — relié à la voûte de la station par des chaînes, il est instable ; il peut provoquer une chute si on y prend appui pour réaliser la mesure — n'est pas un risque identifié par l'opérateur 1 (groupe 1).

2.3.2. La prise d'une décision impliquant la gestion simultanée de plusieurs risques

Schéma 24 : Les interventions des formateurs portant sur la décision de travailler sous-tension en hauteur, opérateurs 22 et 23, épisode 2



*Seuls les opérateurs ayant bénéficié d'une intervention sont représentés.
Les opérateurs notés avec le signe « ** » font partie du groupe 2 (jeunes opérateurs).*

Les formateurs interviennent pour corriger une décision risquée des opérateurs 22 et 23 (groupe 2).

Ces deux opérateurs sont les seuls à décider d'une mise hors tension en déconnectant les fils de la boîte de dérivation, c'est-à-dire des fils sous tension situés en hauteur, au cours de l'épisode 2.

³² Lignes 26 et 27 du protocole.

Si les opérateurs 9 et 19 (groupe 4) décident de débrancher des fils sous tension³³, il ne s'agit pas de travail en hauteur. La gestion du risque présente alors moins de difficulté : éviter que les parties conductrices des fils n'entrent en contact et éviter de toucher les parties conductrices. En effet, hormis les opérateurs du groupe 1, aucun ne porte de gants de protection. Réaliser cette opération en travaillant en hauteur nécessite également d'éviter tout déséquilibre pouvant entraîner une chute.

Les opérateurs plus expérimentés semblent éviter la multiplication des risques pour une même opération. Ce n'est pas le cas de ces opérateurs du groupe 2 (22 et 23), moins expérimentés. Ce type de décision pourrait être interprété comme un moindre développement de leurs métaconnaissances de compétences (Valot *et al.*, 1993). Par ailleurs, ces deux opérateurs mettent en œuvre un schème de mise hors tension qui implique la coupure d'un disjoncteur (identifié chapitre 7). Cette décision apparaît alors comme liée à des difficultés de diagnostic, comme nous l'avons relevé précédemment pour ces mêmes opérateurs.

2.3.3. Des décisions de mise hors tension inappropriées

Seul l'opérateur 23 du groupe 2 décide de réaliser la mise hors tension du panneau de sortie à partir de l'amont du disjoncteur DJ 43 (épisode 2).

Cette décision intervient alors que l'opérateur a constaté l'inefficacité de l'action sur le disjoncteur normalement correspondant (DJ 43, épisode 1).

Pour effectuer une mise hors tension à partir de l'amont de ce disjoncteur, l'opérateur doit soit couper un disjoncteur de niveau $N + 1$ (disjoncteur DJ 5) ou N (répartiteur du disjoncteur DJ 5) — solution inadéquate puisque cela conduit à ne pas prendre en compte les contraintes de mise hors tension —, soit déconnecter un nœud de branchement sous tension situé entre l'aval du disjoncteur de niveau $N + 1$ et le panneau de sortie ($N - 2$).

La décision de mettre hors tension en déconnectant les fils de la boîte de dérivation (schéma 24, précédent) concerne également ce type de mise hors tension. Pour l'analyse, nous l'avons isolée dans la mesure où elle présente un risque particulier.

Quatre nœuds de branchement sont concernés par cette décision de mise hors tension³⁴. Étant donné l'erreur de branchement, un seul nœud permettrait la mise hors tension du panneau de sortie. Mais d'une part, l'erreur de branchement ne peut pas être identifiée et, d'autre part, cela équivaut à ne pas prendre en compte les contraintes de mise hors tension.

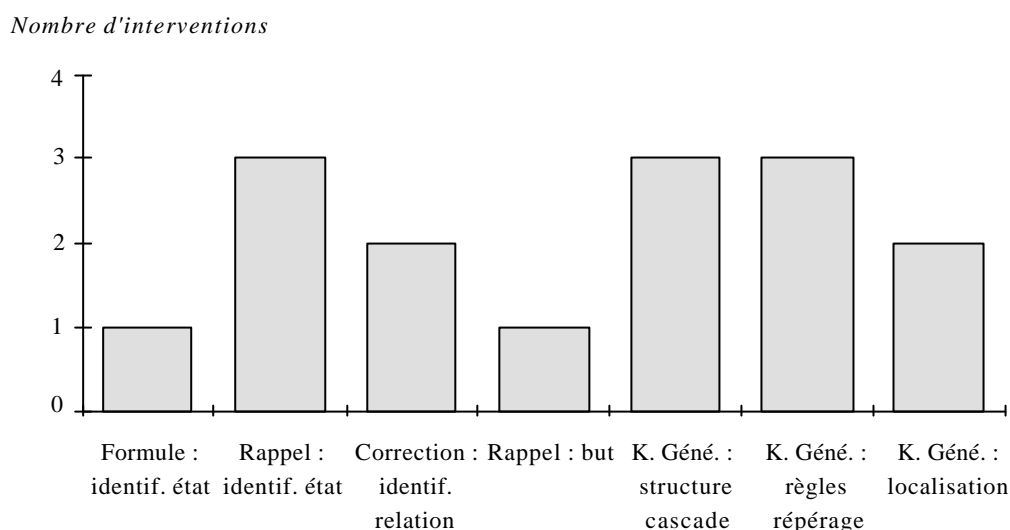
Aucun des autres nœuds de branchement ne permet la mise hors tension du panneau. Ces

³³ Un formateur interdit cette opération à l'opérateur 9. Mais aucune intervention n'est observée lorsque l'opérateur 19 la décide et la réalise. Nous avons décidé de ne pas prendre en compte ici les interventions des formateurs sur ce point étant donné leur diversité.

³⁴ Le nœud repéré 90-91 en aval du disjoncteur de niveau N , le nœud de branchement amont du disjoncteur DJ 43 repéré également 90-91, le nœud de branchement aval du disjoncteur DJ 43 repéré 418 - 419, le nœud de branchement du bornier permanent repéré également 418-419. Seule la déconnexion du premier permet la mise hors tension du panneau, étant donné l'erreur de branchement.

déconnexions sont fonctionnellement équivalentes à la mise hors tension du disjoncteur DJ 43, dont l'opérateur a déjà pu constater l'inefficacité (épisode 1).

Schéma 25 : Les interventions du formateur lors de la décision de mise hors tension à partir de l'amont du disjoncteur DJ 43, opérateur 23 (épisode 2)



« K. gén. » signifie : apport de connaissances générales et « identif. » : identification.

Les interventions sur l'identification de l'état du dispositif sont nombreuses. Elles concernent également l'apport de connaissances générales sur la structure de la cascade de distribution, sur les localisations invariantes (le disjoncteur de niveau N + 1 est toujours dans l'armoire de distribution, par exemple), sur les règles de repérage, c'est-à-dire de numérotation des fils.

Ces interventions indiquent des difficultés à se représenter la structure de la cascade d'alimentation et à établir des relations avec les informations déjà obtenues : l'opérateur ne semble pas se représenter les nœuds de branchement à partir desquels l'erreur de branchement a pu être commise, de sorte qu'il prend des décisions de mise hors tension erronées.

Ce type de difficulté peut être attribué à un développement insuffisant des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie, comme nous en avons fait l'hypothèse. Nous l'avons précédemment relevé pour ce même opérateur.

Pour résumer, les interventions des formateurs ont eu pour objectif d'éviter des situations accidentogènes.

Quatre opérateurs n'identifient pas la présence de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie. Cette erreur peut les conduire à décider du remplacement du porte-fusibles sans

aucune précaution, alors qu'il est toujours sous tension. Cela peut être dû à des difficultés d'utilisation des outils de mesure et/ou à des difficultés pour identifier le nœud de branchement sur lequel doit être faite la mesure³⁵.

Un seul opérateur (opérateur 1, groupe 1) ne semble pas disposer de critères lui permettant d'identifier le risque que représente l'instabilité du panneau de sortie.

Les opérateurs les plus expérimentés évitent la multiplication des risques pour une même opération. La décision de mise hors tension en déconnectant des fils sous tension situés en hauteur de deux opérateurs du groupe 2 (opérateurs 22 et 23) peut être interprétée comme un moindre développement de leur métaconnaissances de compétence, que Valot *et al.* (1993) définissent comme l'évitement de situations que l'on sait ne pas être en mesure de maîtriser. Dans ce cas, comparativement à des opérateurs plus expérimentés, on peut également les définir comme l'évitement de situations qui impliquent de gérer simultanément plusieurs types de risques.

Enfin, les interventions du formateur sont révélatrices de difficultés d'un opérateur (23, groupe 2) à se représenter la cascade de distribution, à intégrer l'existence d'une éventuelle erreur de branchement dans la cascade et sa localisation possible. En effet, se représenter la localisation possible de l'erreur de branchement dans la cascade élimine une décision de mise hors tension à partir d'un nœud de branchement situé entre le disjoncteur de niveau N et le disjoncteur DJ 43.

3. SYNTHÈSE

Dans un premier temps, nous nous sommes intéressée au développement des compétences pour effectuer la mise hors tension en fonction du champ et du degré d'expérience, en retenant l'autonomie des opérateurs comme indicateur de ce développement.

Dans l'ensemble, les résultats sont hétérogènes pour un même groupe d'opérateurs. Nous observons des tendances.

Les compétences se développent avec le champ et le degré d'expérience :

La majorité des opérateurs qui sont autonomes sont ceux qui ont une expérience du métier et du poste de travail (groupe 4). Ils sont dans l'ensemble autonomes pour traiter la situation prototypique (épisode 1 : mise hors tension dans une situation normale) et presque ou entièrement autonomes pour traiter des situations non prototypiques (épisode 2 : mise hors tension dans une situation anormale).

Le degré d'autonomie des opérateurs du groupe 3 (expérience du métier mais pas du poste de travail) est dans l'ensemble proche du groupe précédent, mais il reste un peu moins important.

Les opérateurs du groupe 1 (opérateurs en formation par alternance) sont les moins

³⁵Ces points sont repris et détaillés dans les chapitres 7 et 8.

autonomes y compris dans le traitement de la situation prototypique. Les compétences dont ils disposent ne leur permettent pas de réaliser seuls la mise hors tension dans une situation normale, qui ne nécessite que la mise en œuvre d'une procédure qui devrait être routinière.

Les opérateurs du groupe 2 (opérateurs peu expérimentés) occupent une position intermédiaire. Pour traiter une situation prototypique, les compétences dont ils disposent leur confèrent un degré d'autonomie proche de celui d'opérateurs plus expérimentés (groupe 3). En revanche, leur degré d'autonomie est plus proche de celui des opérateurs du groupe 1 quand il s'agit de traiter une situation anormale.

Les interventions des formateurs sont ensuite utilisées comme indicateur de problèmes spécifiques rencontrés par les opérateurs.

Nous nous sommes centrée sur les sept opérateurs qui ont bénéficié d'au moins cinq interventions de la part des formateurs. Il s'agit de la totalité des opérateurs du groupe 1 (« jeunes » en formation par alternance), de la majorité des opérateurs du groupe 2 (trois sur un total de quatre « jeunes » opérateurs) et d'un opérateur du groupe 3 (un sur huit opérateurs ayant une expérience du métier mais pas du poste de travail).

La difficulté principale identifiée pour ces opérateurs concerne les activités de diagnostic. Elle est examinée en distinguant deux types de stratégies de diagnostic : élaboration de plusieurs hypothèses préalables avant d'identifier le « bon » disjoncteur, et identification du « bon » disjoncteur à partir d'anomalies.

Pour la première, les interventions des formateurs révèlent des contrôles du dispositif réalisés uniquement sur la base du repérage des disjoncteurs ; ce qui constitue un critère faible. Pour les opérateurs du groupe 1, le guidage des formateurs porte sur la prise d'informations (opérateurs 1 et 3 du groupe 1) et l'utilisation de critères non pertinents pour élaborer des hypothèses (opérateur 1 du groupe 1). Les opérateurs du groupe 2 sont dans l'ensemble plus autonomes sur ces points et l'opérateur du groupe 3 est celui qui est le plus faiblement guidé.

Si la continuité et le sens de distribution de l'énergie sont des concepts pragmatiques — hypothèse élaborée à partir des analyses d'accidents (chapitre 4) —, ils ne semblent pas guider la stratégie de diagnostic de ces opérateurs.

Identifiant le disjoncteur pour effectuer la mise hors tension en s'appuyant sur des anomalies, deux opérateurs sont très fortement guidés par les formateurs (opérateurs 2 du groupe 1 et 23 du groupe 2). Les interventions des formateurs sont révélatrices de difficultés à se représenter la cascade de distribution, à mettre en rapport cette représentation avec les symptômes identifiés de l'erreur de branchement pour faire des inférences sur les informations qui doivent être prises (opérateurs 2 et 23). De plus, l'opérateur 2 ne semble pas savoir quoi faire une fois qu'une anomalie est identifiée. Ces difficultés concernent la mise en relation de l'anomalie avec la représentation de la cascade de distribution. Pour ces deux opérateurs, il semble que les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie

soient peu développés. Pour le premier (opérateur 23, groupe 2), il semble qu'il s'agisse plus spécifiquement d'aspects représentationnels, le traitement de l'anomalie étant effectué de façon autonome. Les difficultés de l'opérateur 2 concernent également les traitements. Sa stratégie de diagnostic semble entièrement guidée par le formateur.

Le dernier axe d'analyse de ces résultats porte sur la mise en évidence de difficultés de gestion des risques.

Six opérateurs sont concernés : un opérateur du groupe 1 (opérateur 1, comme précédemment), trois opérateurs du groupe 2 (opérateurs 21, 22, et 23, comme précédemment), un opérateur du groupe 3 (opérateur 5, comme précédemment), un opérateur du groupe 4 (opérateur 16). Dans leur majorité ces opérateurs sont également identifiés comme ayant des difficultés de diagnostic.

Trois points sont examinés : non-identification du risque, décision risquée, mise hors tension inappropriée.

Deux dimensions des compétences peuvent conduire à ne pas identifier la présence de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie : une erreur d'identification du nœud de branchement sous tension sur lequel doit être effectuée la mesure³⁶ et/ou des difficultés d'utilisation des instruments de mesure. Quatre opérateurs n'identifient pas ce risque. Il s'agit aussi bien d'opérateurs novices que d'opérateurs expérimentés (opérateurs 1, 21, 5 et 16). Un seul opérateur n'identifie pas un risque de chute lié à l'instabilité du panneau de sortie (opérateur 1).

Deux opérateurs du groupe 2 (opérateurs 22 et 23) prennent une décision risquée qui, comparativement à des opérateurs plus expérimentés, peut être interprétée comme un moindre développement de leurs métaconnaissances de compétences.

Les décisions de mise hors tension inappropriées ne concernent qu'un seul opérateur : opérateur 23 du groupe 2. Elles confirment les difficultés précédemment relevées de représentation de la cascade de distribution et de mise en rapport de cette représentation avec les symptômes identifiés de l'erreur de branchement. Elles peuvent également être attribuées à l'insuffisance de développement des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie.

À partir de ces différentes difficultés, plusieurs types de dimensions des compétences sont mis au jour et ne semblent pas complètement acquis par certains opérateurs :

Il s'agit, d'une part, du développement des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie. Les travaux de Pastré et de Samurçay (Samurçay et Pastré, 1995, par exemple) montrent qu'en fonction de leur développement les concepts pragmatiques

³⁶ Nous reviendrons sur ce point chapitre 7.

guident la prise des informations pertinentes, qu'ils permettent la mise en relation des variables du système, et qu'ils sont associés au développement des règles d'action des opérateurs. Leur développement serait insuffisant pour l'opérateur 2 (groupe 1) qui a dû être aidé aussi bien pour prendre des informations, mettre en relation les variables du système, que pour mettre en œuvre une stratégie de diagnostic. Pour l'opérateur 23 (groupe 2), il s'agit plutôt uniquement de la prise d'informations et de la mise en relation des variables du système. Les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie, dont nous faisons l'hypothèse, ne guideraient pas les stratégies de diagnostic des opérateurs 1 et 3 du groupe 1.

Il s'agit également du développement de métaconnaissances sur les compétences (Valot *et al.*, 1993). Il serait insuffisant pour les opérateurs 22 et 23, ce qui les conduit à prendre des décisions impliquant la gestion simultanée d'un plus grand nombre de risques que des opérateurs plus expérimentés.

Enfin, au-delà des aspects représentationnels, il s'agit des instruments développés par les opérateurs pour effectuer une mesure. Les caractéristiques des artefacts mis à la disposition des opérateurs dans la simulation, les conditions de réalisation de la tâche ont pu perturber les schèmes des opérateurs. Nous reviendrons sur l'identification du nœud de branchement du porte-fusibles sur lequel doit être effectuée la mesure (*cf.* chapitre 7).

Ces difficultés, révélées à partir des interventions des formateurs, seront réintégrées à l'analyse des stratégies de diagnostic. Nous mettrons notamment en évidence le rôle des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie dans les stratégies de diagnostic des opérateurs.

CHAPITRE 7

STRATEGIES DE DIAGNOSTIC DE MISE HORS TENSION

À l'issue des analyses d'accidents et d'incident, nous avons fait l'hypothèse que les opérateurs disposaient de deux schèmes impliqués dans la mise hors tension (schème de coupure et schème de vérification). Ils seraient articulés au développement des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie, et à celui des représentations modèles des situations (modèle de normalité et représentation de situations anormales). Dans un premier temps, ce chapitre a pour objectif de tester cette hypothèse.

Il s'agit également de caractériser plus précisément les stratégies de diagnostic des opérateurs impliquées dans la gestion des risques, et de nous intéresser au rôle de ces concepts pragmatiques en articulation avec les représentations modèles des opérateurs.

Les stratégies de diagnostic sont donc abordées de deux points de vue :

- identification des schèmes de coupure et de vérification ; nous montrerons qu'ils forment un seul schème « de mise hors tension » ;
- caractérisation des stratégies de diagnostic ; nous verrons qu'elles diffèrent en fonction du champ et du degré d'expérience des opérateurs.

Dans cette deuxième partie d'analyse des résultats, nous nous intéressons aux stratégies de diagnostic de mise hors tension. Les activités de diagnostic qui nous intéressent ne concernent pas le diagnostic de panne. Il est en effet précisé dans la consigne : le porte-fusibles du panneau de sortie est défectueux. Elles portent sur la mise hors tension et concernent donc la mise en sécurité. Tout d'abord, les opérateurs doivent identifier que la mise hors tension effectuée comme dans une situation normale n'est pas efficace. Ce premier élément de diagnostic doit les conduire à rechercher le disjoncteur qui permet effectivement la mise hors tension.

Nous nous intéressons ici à deux points, présentés successivement, qui concernent la gestion de la sécurité par l'opérateur : schèmes de coupure et de vérification, et caractérisation des stratégies de diagnostic.

- À partir de l'analyse des situations d'accidents et d'incidents³⁷ nous avons émis l'hypothèse que les opérateurs élaboraient un schème de coupure et un schème de vérification.

En fonction des caractéristiques de la situation (situation de jour, situation de nuit), les opérateurs appliquent une règle invariante : « couper au minimum » ou « tout couper ». Nous avons appelé cette organisation invariante de l'activité : « schème de coupure ».

D'autres caractéristiques du système étaient impliquées dans la mise en œuvre de cette décision : le nombre de sources sous tension, la proximité des éléments. Elles ne devraient pas intervenir dans la situation de simulation : le dispositif technique employé, correspondant aux dernières normes de sécurité en vigueur, ne présente pas ces caractéristiques. D'autre part, les connaissances que les opérateurs ont acquises sur leurs propres compétences interviennent dans la décision du type de coupure à effectuer (totale, partielle ou nulle) et de l'élément à utiliser pour la coupure. Le schème de coupure, qui marque l'intégration de contraintes de continuité de service, est-il le fait des seuls opérateurs dont nous avons analysé les accidents et incidents ? Dépend-il du champ et du degré d'expérience ?

Nous avons noté que les opérateurs pouvaient disposer d'une organisation invariante du contrôle d'absence de tension, que nous avons appelée « schème de vérification » — couper puis vérifier sur le noyau de branchement aval du disjoncteur, par exemple. Cette organisation de l'activité est-elle uniquement le fait d'un opérateur dont nous avons examiné l'accident ? Existe-t-elle chez d'autres opérateurs ? Sous cette même forme ? Dépend-elle du champ et du degré d'expérience ? Est-elle identique dans une situation normale et dans une situation anormale ?

Par ailleurs, nous avons fait l'hypothèse que ces deux schèmes étaient articulés aux concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie. Avec l'extension des classes de situations, notamment l'intégration de situations anormales, et le développement

³⁷ Chapitre 4.

des concepts pragmatiques, le schème de vérification devrait permettre de mieux identifier des erreurs latentes de branchement.

- Mais le schème de coupure et le schème de vérification ne sont pas les seuls éléments de la stratégie de diagnostic à mettre en œuvre : l'opérateur doit identifier le disjoncteur qui permet la mise hors tension effective.

Nous avons fait l'hypothèse que les stratégies s'appuyant sur l'information structurelle pourraient être efficaces : les opérateurs se représentant le réseau en termes de flux, les deux concepts pragmatiques sous-tendraient cette représentation.

L'un des résultats courants de la littérature sur le diagnostic de panne est que les experts et les novices se différencient par les stratégies de diagnostic mises en œuvre (Rasmussen, 1986 ; Konradt, 1995, par exemple). Mais nous ne disposons que de peu d'informations sur leur développement. D'après Pastré et Samurçay (Pastré, 1997, 1999 a et b ; Samurçay, Pastré, 1995 ; Samurçay, 2000), il repose sur le développement des concepts pragmatiques : l'étendue du réseau de leurs relations avec les variables observables, mesurées du système. Comment interviennent-ils dans les stratégies de diagnostic en fonction du champ et du degré d'expérience ? La comparaison classique experts-novices montre l'effet du degré d'expérience. Ce développement dépend-il aussi du champ de l'expérience ? Par ailleurs, si l'expérience est nécessaire, elle est aussi insuffisante pour devenir expert (Bouthier *et al.*, 1995), l'expertise étant entendue comme la possibilité de mettre en œuvre des compétences critiques.

1. DES SCHÈMES DE COUPURE ET DE VÉRIFICATION VERS UN SCHÈME DE MISE HORS TENSION

Nous nous intéressons ici de façon plus précise aux activités de coupure et de vérification. Si nous nous référons à l'analyse schématique de la tâche de maintenance des systèmes électriques, elles font partie de la phase de mise en sécurité³⁸ — couper un élément pour mettre hors tension — et de la phase de diagnostic — identifier et localiser l'élément qui permet la mise hors tension, contrôler la réalisation effective de la mise hors tension.

Partie intégrante de la stratégie de diagnostic des opérateurs, nous examinons ici ces activités, en nous référant aux hypothèses émises à l'issue de l'analyse des accidents et incidents³⁹.

Nous avons émis l'hypothèse de l'existence de deux schèmes : un schème de coupure et un schème de vérification, articulés aux concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie et liés à l'extension des classes de situations.

³⁸ Voir chapitre 3.

³⁹ Voir chapitre 4.

Avant d'aborder les résultats, nous présentons les observables que nous avons retenus pour cette analyse. Les résultats présentés porteront, dans un premier temps, sur la coupure et sur la vérification. Nous nous intéresserons ensuite aux moyens mis en œuvre pour les réaliser. Sur cette base, nous analyserons plus précisément des dimensions de la compétence critique des opérateurs pour réaliser efficacement une opération de mise hors tension.

1.1. LA MISE EN ÉVIDENCE DES ORGANISATIONS INVARIANTES DE L'ACTIVITÉ

Les schèmes ne sont pas directement observables mais inférés à partir de l'activité du sujet.

Inhelder et Cellérier (1992), repris par Galinier (1997), définissent plusieurs observables qui permettent ces inférences :

- l'organisation de l'activité dans une situation, ce qui renvoie à l'ordre, à la structuration des actions, et au déroulement temporel ;
- les activités « atypiques » qui, en cohérence avec le déroulement de l'activité, peuvent constituer des indicateurs de modification des schèmes ;
- les modifications des structures d'action peuvent également rendre compte de la genèse des schèmes, de la modification des représentations ;
- les blocages, impasses qui sont des indicateurs «des points de rupture visibles de l'inadéquation des schèmes et des changements qui vont survenir » (Galinier, 1997, p. 45).

Ces observables sont définis pour analyser une microgenèse, et Galinier (*op. cit.*) précise qu'il est nécessaire de disposer d'un point de départ, les schèmes initiaux des sujets, pour observer leur évolution, genèse instrumentale dans son cas.

Il ne s'agit pas ici d'une étude microgénétique. Nous avons opté pour une démarche transversale, nous permettant de comparer les activités d'opérateurs ayant de champs et des degrés d'expérience. Aussi, parmi ces observables nous retenons :

- l'organisation de l'activité dans une situation (ordre, structuration des actions et déroulement temporel), mais aussi la reproduction de cette organisation pour un même sujet et/ou une organisation identique chez plusieurs d'entre eux ;
- les activités atypiques, non pas comme indicateur de modification des schèmes mais de l'existence d'un schème spécifique chez un sujet (différence interindividuelle) ;
- les erreurs des sujets, pouvant indiquer l'inadéquation des schèmes à la situation.

Notre analyse prend appui sur le découpage en épisodes et sous-épisodes, définis précédemment (chapitre 5). Il s'agit ici des sous-épisodes de coupure et concernant la mise en œuvre d'une règle formelle de sécurité : le contrôle de tension «au plus près du lieu de travail ». Mais les observables que nous avons retenus nécessitent une analyse plus fine de la

coupure et de la vérification de sa réalisation. Nous nous appuyons donc également sur une analyse plus précise de la tâche de mise hors tension, que nous présentons (schéma 26, pages suivantes) :

Dans la consigne, il est demandé à l'opérateur d'effectuer le remplacement du porte-fusibles défectueux du panneau de sortie. D'après les règles de sécurité, l'opérateur doit le mettre hors tension. Ce qui correspond à l'élimination du risque électrique. Cette opération doit être réalisée en coupant un disjoncteur. Autrement, elle consiste à débrancher un *nœud* sous tension : *nœud* amont du porte-fusibles du panneau de sortie ou tout autre *nœud* de branchement situé en amont sur ce circuit. La coupure d'un disjoncteur peut être effectuée, d'une part, en intégrant les contraintes de continuité de service⁴⁰, et dans ce cas l'opérateur agit sur un disjoncteur qui ne protège que le circuit du panneau de sortie. Il s'agit d'une coupure « au minimum », pour reprendre l'expression d'un opérateur. D'autre part, l'opérateur peut agir sur un disjoncteur de niveau $N + 1$ ou $N + 2$ (disjoncteur DJ 5, répartiteur du disjoncteur DJ 5, DJ 2, DJ 1). Dans ce cas, les contraintes ne sont pas intégrées. La mise hors tension peut alors toucher des dispositifs électriques impliqués dans la sûreté et/ou le confort du transport des voyageurs, mission principale de l'entreprise. Ce type de mise hors tension n'est possible qu'en situation de nuit, hors des périodes de transport des voyageurs.

Les règles de sécurité prescrivent qu'après la coupure d'un disjoncteur un contrôle d'absence de tension doit être effectué « au plus près du lieu de travail » — ici le porte-fusibles du panneau de sortie. Seul ce point de contrôle est complètement efficace. Dans les analyses d'accidents, nous avons relevé que des contrôles locaux pouvaient se substituer à cette vérification. Il s'agissait d'un contrôle de tension sur les *nœuds* de branchement du disjoncteur coupé. Il permet de prendre des informations sur la conformité, à la fois, du fonctionnement du disjoncteur et de la structure. Dans la simulation, l'opérateur peut également prendre des informations sur l'éclairage du quai consécutivement à la coupure d'un disjoncteur. Il existe deux disjoncteurs d'éclairage du quai qui permettent cette prise d'information : le disjoncteur de l'éclairage de confort du quai (DJ 65), qui protège deux néons sur cinq, et le disjoncteur d'éclairage permanent du quai (DJ 11), qui protège trois néons d'éclairage sur cinq. L'opérateur prend alors des informations sur la structure. De plus, un moyen de coupure des disjoncteurs peut être utilisé comme moyen de contrôle local : le bouton déclencheur des disjoncteurs. Il fournit également des informations sur la conformité du fonctionnement et de la structure. Enfin, nous nous intéresserons à un contrôle local spécifique qui concerne les points de mesure sur le porte-fusibles du panneau de sortie.

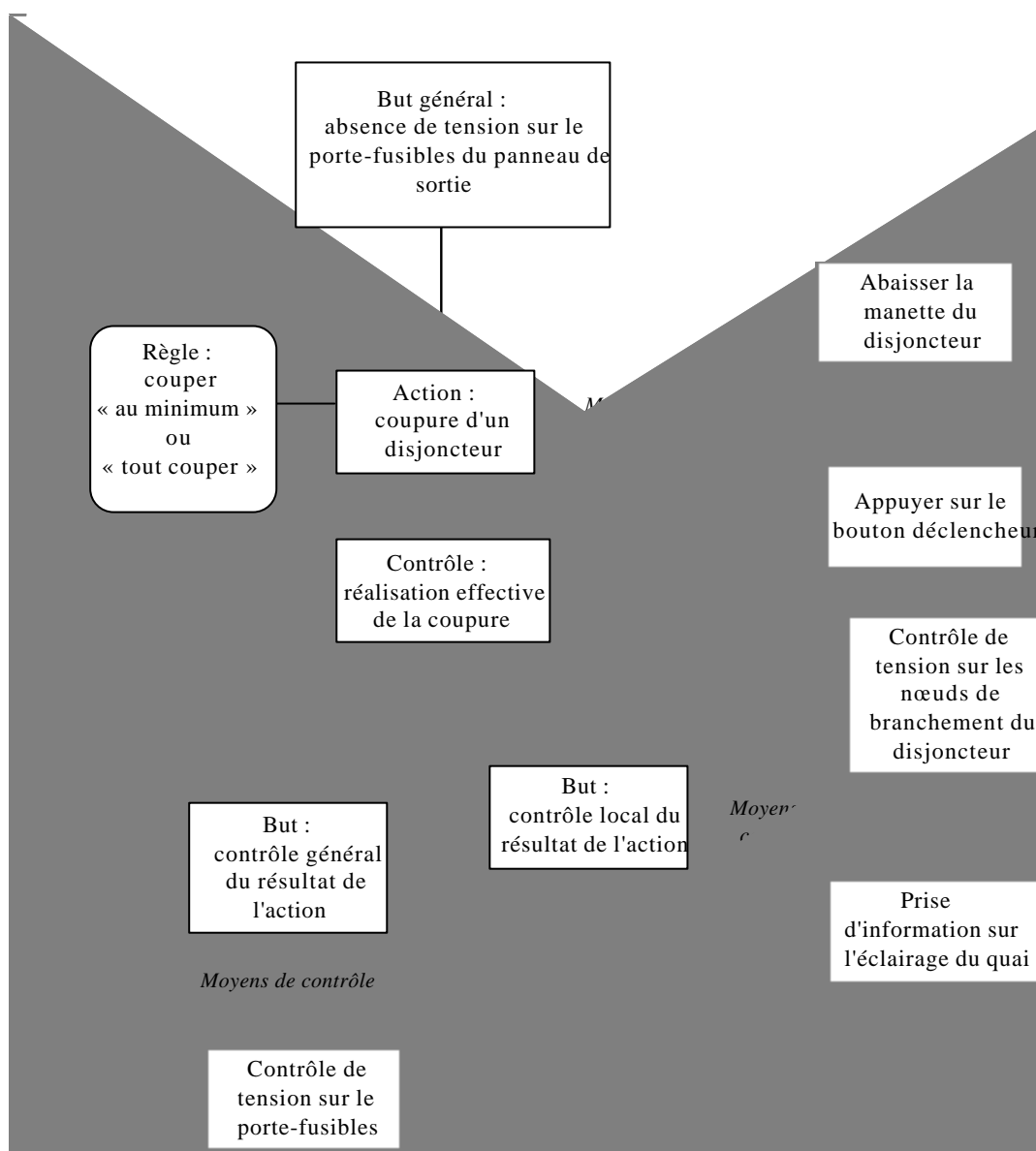
⁴⁰ Elles sont également nommées « contraintes de mise hors tension ».

Les observables que nous retenons concernent, d'une part, les coupures de disjoncteurs (sous-épisodes de coupure, chapitre 5) qui sont suivies de contrôles de tension sur le porte-fusibles. Les contrôles locaux sont, dans le déroulement de l'activité, situés entre ces deux actions (nous les avons inclus dans les sous-épisodes concernant le respect de la règle de sécurité).

Cela exclut, par exemple, des contrôles de tension sur le disjoncteur DJ 43 (épisode 2) réalisés consécutivement à l'identification de la présence de tension sur le porte-fusibles (épisode 1). Ces contrôles sont directement liés au symptôme d'erreur de branchement : l'action sur le disjoncteur qui est habituellement le bon (DJ 43) est inefficace. Si nous nous référons au découpage en sous-épisodes, nous avons en effet considéré que les contrôles locaux que nous examinons ici n'ont pas cette relation au symptôme d'erreur de branchement. Ils peuvent être mis en œuvre aussi bien dans une situation normale (épisode 1), que dans une situation anormale (épisode 2).

D'autre part, afin d'analyser de façon plus précise l'activité de contrôle de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie, nous nous intéressons aux points de mesure. L'opérateur peut réaliser des mesures sur un seul ou sur les deux nœuds de branchement du porte-fusibles. Nous prendrons ici en compte la première mesure réalisée — que ce soit dans l'épisode 0, prise d'information préalable, ou dans l'épisode 1, mise hors tension dans une situation normale —, et les mesures suivantes.

Schéma 26 : Analyse de la tâche de mise hors tension



Dans un premier temps, les résultats présentés portent sur la mise hors tension, puis les contrôles locaux et les moyens de contrôle mis en œuvre sont intégrés à cette première analyse.

1.2. LE SCHÈME DE MISE HORS TENSION

Au départ, les opérateurs sont dans une configuration habituelle pour ce type de tâche : l'erreur de branchement n'est détectée qu'à partir de la vérification d'absence de tension, elle constitue la conclusion de l'épisode 1. À ce stade, tous les opérateurs ont identifié la présence de tension sur le porte-fusibles, malgré l'action sur le disjoncteur « DJ 43, panneau de sortie », seuls ou avec l'aide du formateur, et réalisent la recherche « du bon disjoncteur ». Les mises hors tension interviennent également en conclusion ou au cours de l'épisode 2, car elles constituent également un moyen de tester leurs hypothèses.

Dans la mesure où l'opérateur peut couper et ne pas réaliser de contrôle ou bien peut n'effectuer que des contrôles locaux, nous examinons la coupure et la vérification de façon séparée, dans les deux épisodes : mise hors tension dans une situation normale (épisode 1) et mise hors tension dans une situation anormale (épisode 2).

1.2.1. La coupure

Les opérateurs peuvent couper à partir de différents disjoncteurs de niveau N- 1, N, N + 1, N + 2 ou encore en débranchant un nœud sous tension. Nous examinons donc quel est l'élément sur lequel l'opérateur agit pour couper et quel est son niveau dans la cascade d'alimentation.

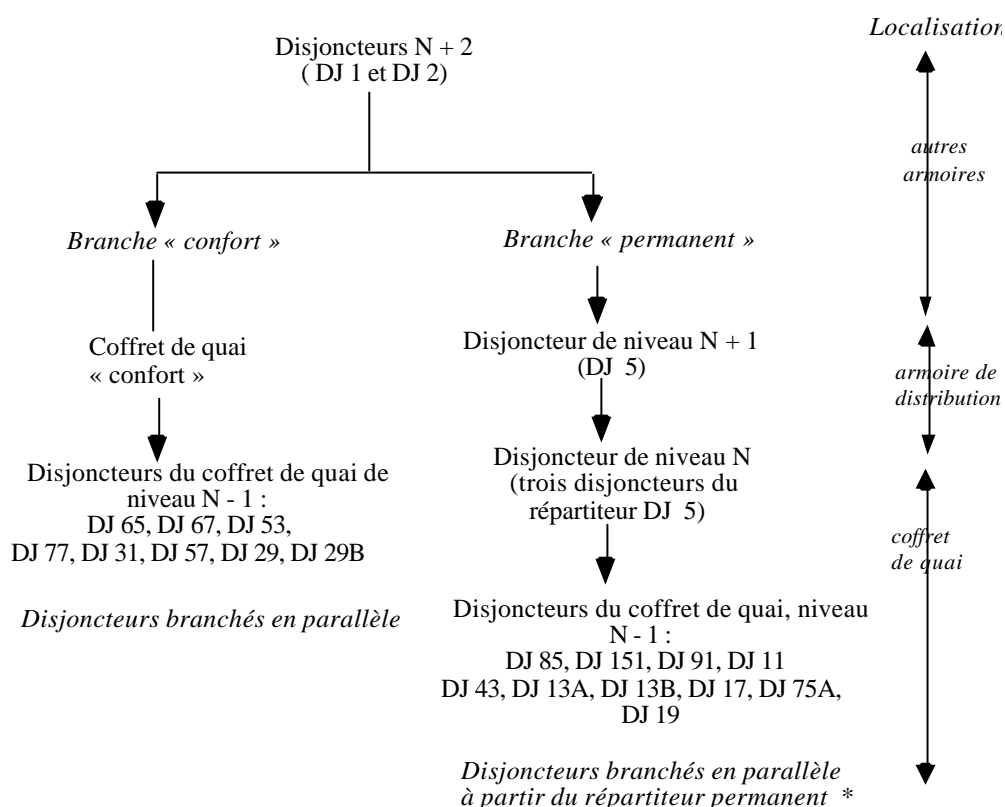
Dans l'épisode 1, mise hors tension dans une situation normale, tous les opérateurs coupent le disjoncteur « DJ 43, panneau de sortie », de niveau N - 1.

D'après les informations dont ils disposent — schémas et/ou étiquettes des disjoncteurs — ils font l'inférence que ce disjoncteur est bien en amont du panneau de sortie et dans une relation de continuité. Les deux concepts pragmatiques « continuité » et « sens de distribution de l'énergie » sous-tendent cette hypothèse. La coupure réalisée rend compte de la mise en œuvre d'un modèle de normalité des situations : le disjoncteur coupé est celui qui correspond aux schémas du dispositif et au repérage. L'action sur le disjoncteur DJ 43 traduit la mise en œuvre de la règle « couper au minimum », c'est-à-dire couper le disjoncteur juste en amont du dispositif à mettre hors tension. Cette règle intègre des connaissances sur les contraintes à prendre en compte en situation.

Dans l'épisode 2, plusieurs disjoncteurs peuvent avoir été coupés. La coupure est, à la fois, un moyen de mettre le panneau de sortie hors tension et de tester une hypothèse sur le « bon disjoncteur », donc à ce titre elle est intégrée à la stratégie de diagnostic de l'opérateur. D'une part, nous relevons tous les disjoncteurs coupés, en les catégorisant en fonction de leur localisation dans la hiérarchie de la cascade de distribution, d'autre part, nous différencions les

disjoncteurs manipulés selon qu'il était ou non précisé à l'opérateur que l'intervention se déroulait de nuit. Nous avons décidé de donner cette précision dans deux cas : soit il s'agissait de faciliter le diagnostic de l'opérateur, soit il s'agissait de répondre à une question⁴¹. À partir des analyses d'accidents, nous avons émis l'hypothèse de l'existence de deux règles invariantes, mises en œuvre en fonction des caractéristiques des situations : en situation de jour, « couper au minimum » ; en situation de nuit, « on peut tout couper ».

Schéma 27 : Représentation partielle de la cascade de distribution du coffret de quai



Le schéma est organisé en respectant l'amont et l'aval de la cascade de distribution. De sorte que couper un disjoncteur qui est représenté en haut met hors tension les éléments situés en bas. Les disjoncteurs DJ 1 et DJ 2 alimentent l'ensemble de la station. Le disjoncteur DJ 5 et son répartiteur alimentent le circuit permanent du coffret de quai. Les disjoncteurs du coffret de quai, partie « permanent » ou « confort », alimentent un dispositif technique, par exemple : disjoncteur DJ 43, le panneau de sortie.

** : à l'exclusion du disjoncteur DJ B, impliqué dans l'erreur latente de branchement.*

Nous considérons que, dans une situation de jour, « couper au minimum » signifie actionner un disjoncteur de niveau N - 1, qu'il soit sur le circuit « permanent » ou « confort ».

⁴¹ Voir chapitre 5.

Ne pas couper au minimum consiste alors à mettre hors tension en coupant plusieurs disjoncteurs simultanément, et pas l'un après l'autre⁴², ou en coupant à partir d'un disjoncteur de niveau N, N + 1, ou N + 2 (répartiteur permanent du disjoncteur DJ 5, disjoncteur DJ 5, disjoncteur DJ 2 ou DJ 1).

Les protocoles sont découpés en deux parties en nous appuyant sur le moment où le formateur précise à l'opérateur qu'il peut travailler comme s'il était « en nuit ». Cette information est précisée en fonction soit des questions de l'opérateur, soit de ses difficultés pour réaliser la tâche. Elle n'est donc pas donnée systématiquement. Par défaut, nous considérons que l'opérateur a agi comme dans une situation de jour, la simulation se déroulant durant la journée.

Tableau 4 : Les coupures dans une situation se déroulant la journée⁴³

	Coupures au minimum	Coupures simultanées	Coupures niveau N, N + 1, ou N + 2
Nombre d'opérateurs	22	1	0

Seul un opérateur coupe simultanément trois disjoncteurs en situation de jour, ce qui ne correspond pas au critère « couper au minimum ». Mais cela semble plutôt lié à son interprétation de la situation de simulation, comme l'atteste cet échange avec le formateur au cours de la réalisation de la tâche :

— « **Normalement de jour, je devrais rien couper, de jour j'aurais juste coupé le quai**, je fais pas ça s'il y a des gens, en jour (*il fait référence aux trois disjoncteurs qu'il vient de couper*).

— Tu ferais ta recherche en nuit alors ?

— **Oui en nuit.** ».

La situation de simulation n'est pas une situation réelle de travail, l'opérateur semble l'avoir interprétée comme pouvant éventuellement se dérouler la nuit.

⁴² L'opérateur ne réalise pas de vérification d'absence de tension après chaque coupure.

⁴³ Détails en annexes du chapitre 7.

Tableau 5 : Les coupures dans une situation se déroulant la nuit

	Coupures au minimum	Coupures simultanées	Coupures niveau N, N + 1, ou N + 2
Nombre d'opérateurs	4	1	3

Les coupures des disjoncteurs de niveau N+ 2, N+ 1 et N et les mises hors tension simultanées ne sont réalisées qu'après l'intervention du formateur stipulant que la situation peut être traitée comme se déroulant de nuit (tableau 5).

Il semble donc bien que « couper au minimum », c'est-à-dire couper le disjoncteur juste en amont du dispositif à mettre hors tension, soit une règle invariante mise en œuvre en situation de jour. En nuit, il est possible de tout couper en agissant sur un disjoncteur de niveau N + 2, N + 1 ou N, ou de couper simultanément plusieurs disjoncteurs.

1.2.2. La vérification

La vérification peut être composée de contrôles de tension «au plus près du lieu de travail» et/ou de contrôles locaux. Nous examinons ici le premier cas. C'est-à-dire la réalisation ou non d'un contrôle de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie, consécutive à la coupure d'un disjoncteur, dans l'épisode 1, puis dans l'épisode 2.

Nous examinerons les contrôles locaux de façon détaillée ultérieurement.

Dans l'épisode 1, mise hors tension dans une situation normale, à la suite de la coupure du disjoncteur DJ 43, tous les opérateurs réalisent un contrôle de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie. On observe une organisation de l'activité composée de la façon suivante :

- l'opérateur coupe un disjoncteur (ici DJ 43) ;
- il contrôle la tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie.

Les mises hors tension sont produites au cours ou en conclusion de l'épisode 2 pour atteindre le but — mettre hors tension le porte-fusibles afin d'éliminer le risque électrique et ainsi pouvoir le remplacer en toute sécurité, comme dans l'épisode 1 —, mais également pour tester des hypothèses sur le « bon disjoncteur ».

Nous retrouvons une activité organisée de la même façon que pour l'épisode 1 chez vingt

et un opérateurs sur vingt-trois, soit 91 % de l'effectif total :

- coupure d'un disjoncteur ;
- contrôle de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie.

L'opérateur 22 ne la met pas en œuvre du fait de sa stratégie de diagnostic : il effectue des contrôles de tension systématiques. L'opérateur 13 commet une erreur : il coupe deux disjoncteurs, mais en infère qu'un seul est le bon, l'autre étant « oublié », selon ses propres termes.

1.2.3. Un schème de mise hors tension

Contrairement aux résultats des analyses d'accidents et d'incident⁴⁴, la majorité des opérateurs réalise ici un contrôle de tension « au plus près du lieu de travail », systématiquement après la coupure d'un disjoncteur. Quand ce n'est pas le cas, les contrôles systématiques effectués remplissent la même fonction (opérateur 22). Quand des contrôles locaux sont mis en œuvre, ils ne se substituent donc pas au contrôle de tension au plus près du lieu de travail. De sorte que la coupure et la vérification semblent être deux sous-buts d'un même schème de « mise hors tension ».

Ce schème est composé d'un but général, la mise hors tension d'un dispositif, et de deux sous-buts :

1. L'action sur un disjoncteur : en fonction de la classe de situations (jour/nuit), les opérateurs mettent en œuvre une règle : « couper au minimum » ou « il est possible de tout couper ».

2. Le contrôle de tension « au plus près du lieu de travail » : dans la simulation, ce contrôle est réalisé systématiquement par tous les opérateurs. Cela peut être dû aux caractéristiques de la situation — dispositif non connu, éloignement du disjoncteur et du panneau de sortie —, ou encore à la simulation elle-même — les opérateurs sont filmés, un formateur habituellement chargé de la sécurité est présent. Il est possible que, dans certaines situations, ce sous-but disparaisse totalement ou qu'il soit remplacé par des contrôles locaux, comme nous l'observons dans les analyses d'accidents.

Ce schème est également articulé aux deux concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie :

Par exemple, la mise en œuvre de la règle « couper au minimum » nécessite de se représenter la cascade de distribution pour identifier le disjoncteur qui est juste en amont. Il est nécessaire de mobiliser la notion de continuité : s'il n'y a pas continuité entre un dispositif technique et un disjoncteur, celui-ci ne peut pas avoir d'effet sur ce dispositif. Par ailleurs, pour faire l'hypothèse que l'action sur un disjoncteur se traduira par la mise hors tension du

⁴⁴ Chapitre 4.

dispositif, il est également nécessaire de se représenter le sens de distribution de l'énergie. Le disjoncteur doit en effet être en amont dans la cascade d'alimentation.

La vérification d'absence de tension constitue un moyen de contrôle de la mise hors tension du dispositif après l'action sur un disjoncteur, elle constitue également un moyen de tester l'hypothèse qu'un disjoncteur est le bon. À ce titre, elle nécessite de mobiliser ces deux concepts, mais également la différence de potentiel à partir, au moins, de deux valeurs (présence, absence de tension) :

— Quand l'opérateur agit sur le disjoncteur DJ 43, la mesure réalisée sur le porte-fusibles lui indique, s'il ne commet pas d'erreur, une présence de tension ; ce qui lui permet de faire l'inférence qu'il n'y a pas continuité entre ce disjoncteur et le panneau de sortie et/ou que ce disjoncteur n'est pas situé en amont du panneau de sortie dans la cascade de distribution.

— Quand l'opérateur agit sur le disjoncteur DJ 11 ou DJ B, la mesure réalisée lui indique une absence de tension sur le porte-fusibles ; ce qui lui permet de faire l'inférence qu'il y a continuité entre ce disjoncteur et le panneau de sortie et/ou que ce disjoncteur est situé en amont du panneau dans la cascade de distribution.

Les exemples de verbalisation présentés tableau 6 attestent de ce type d'inférences.

Tableau 6 : Exemples de verbalisation suite à la coupure du disjoncteur DJ 43 et à la vérification d'absence de tension sur le porte-fusibles (épisode 2)

Opérateurs	Verbalisation en situations	N° de ligne*	Verbalisation en autoconfrontation	N° de ligne auto-conf.**
1	- « J'ai du jus à l'entrée mais pas à la sortie. » - « C'est pas coupé. » - « Je vais voir si c'est pris autre part. »	59, 61, 64	« C'était à l'armoire, j'avais coupé, oui j'ai coupé donc c'est pas la bonne alimentation. »	50
4	- « Mais comment c'est alimenté ici ? » - « J'ai coupé le "motif sortie ⁴⁵ " et c'est pas le bon. »	65, 69	« Bon là je vérifie. La bonne surprise, j'ai toujours présence de tension et donc surprise ! »	50

* : numéro de ligne sur le protocole « situation » ;

** : numéro de ligne sur le protocole « autoconfrontation ».

Le disjoncteur « DJ 43, panneau de sortie » vient d'être coupé. Ces exemples concernent la vérification d'absence de tension sur le porte-fusibles, qui se déroule juste après. Ils rendent compte du type d'inférences des opérateurs :

— anticipation sur le résultat de la coupure : pour l'opérateur 4 la présence de tension est une « surprise » ;

— constatant une présence de tension, l'opérateur infère que ce n'est pas le bon disjoncteur — opérateur 4, opérateur 1 en autoconfrontation et implicitement durant la réalisation de la tâche : « Je vais voir si c'est pris autre part », c'est-à-dire je vais vérifier s'il n'existe pas un autre disjoncteur correspondant.

Par ailleurs, la mise hors tension dans l'épisode 1 rend compte de la mobilisation d'un modèle de normalité : le disjoncteur coupé est celui qui est représenté comme protégeant le circuit du panneau de sortie sur les schémas, et il est repéré en tant que tel sur le dispositif. Tous les opérateurs en infèrent que ce disjoncteur est le « bon ».

Les opérateurs ne s'appuient donc pas uniquement sur les concepts pragmatiques, mais également sur une représentation modèle des situations normales : le repérage des disjoncteurs est représenté comme correct, c'est-à-dire qu'il correspond à la structure de la cascade d'alimentation du point de vue de la continuité et du sens de distribution de l'énergie.

Les opérateurs disposent donc d'un schème que nous nommons « schème de mise hors

⁴⁵ Panneau de sortie.

tension ». Il est articulé aux concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie. Pour effectuer une mise hors tension dans une situation normale (épisode 1), les opérateurs s'appuient également sur une représentation modèle des situations normales, que nous nommons « modèle de normalité ».

1.3. LE SCHÈME DE MISE HORS TENSION, UN SCHÈME D'ACTION MULTI-INSTRUMENTÉE

L'analyse précédente ne prend pas en compte les différents contrôles locaux réalisés par les opérateurs. Or ces contrôles sont intégrés à la phase de mise en sécurité et il s'agit pour nous d'examiner l'ensemble des moyens mobilisés par l'opérateur pour assurer sa sécurité.

Trois types de contrôles locaux peuvent être effectués (schéma 26, pages précédentes) :

1. La mise hors tension d'un disjoncteur par appui, non pas sur la manette, mais sur le bouton déclencheur du disjoncteur.

L'utilisation du bouton déclencheur concerne normalement la maintenance préventive des armoires.

« On est censé le faire **une fois par an au niveau des disjoncteurs abandonnés**. Au niveau de la norme, c'est comme ça que ça fonctionne », précise l'opérateur 4 en autoconfrontation.

Il est ici utilisé dans le cadre de la maintenance corrective : remplacer le porte-fusibles.

Cette action de mise hors tension permet d'obtenir des informations sur l'état de la cascade de distribution et l'état de fonctionnement du disjoncteur.

Le bouton de test a pour fonction de créer un défaut qui doit être détecté par le disjoncteur, qui est un différentiel. Quand le défaut est détecté, la manette du disjoncteur s'abaisse automatiquement.

— Si le disjoncteur se déclenche automatiquement à la suite de l'action sur le bouton déclencheur cela signifie que le disjoncteur est alimenté en amont ; la présence de tension en amont est en effet nécessaire pour que le défaut soit produit.

— Si la manette du disjoncteur s'abaisse automatiquement, cela signifie que le disjoncteur a détecté le défaut produit, donc sa fonction de différentiel est en bon état.

L'opérateur 4, par exemple, le précise en autoconfrontation :

« **C'est un test différentiel**, comme c'est un disjoncteur différentiel, il est calibré à 300 mili, ça permet de protéger contre les courants de fuite. Donc là je **teste directement l'installation**. [...] J'appuie dessus comme ça **déjà ça me prouve bien qu'il y a bien le 220** et comme ça **je crée un défaut**, là je prouve bien **qu'il y a 220** et en **plus je fais le test du différentiel**. »

2. La prise d'information sur le quai, consécutive à la mise hors tension d'un disjoncteur d'éclairage, c'est-à-dire les disjoncteurs DJ 11 et DJ 65.

La mise hors tension du disjoncteur DJ 11 doit se traduire par l'extinction de trois néons d'éclairage du quai sur cinq ; celle du disjoncteur DJ 65 par l'extinction de deux néons d'éclairage du quai sur cinq.

Regarder l'éclairage du quai à la suite de l'action sur un de ces deux disjoncteurs permet d'obtenir des informations sur l'état de fonctionnement du disjoncteur et sur l'état de la cascade de distribution : si les néons correspondants sont éteints, cela signifie, d'une part, que le disjoncteur fonctionne correctement et, d'autre part, qu'il est bien en amont des néons correspondants et qu'il y a bien continuité.

3. La vérification d'absence de tension sur les nœuds de branchement du disjoncteur actionné consécutive à sa coupure.

Elle permet d'obtenir, à la fois, des informations sur l'état de fonctionnement et de branchement du disjoncteur. L'absence de tension sur le nœud de branchement aval signifie que le disjoncteur a bien réalisé la coupure (fonctionnement), que la partie amont de ce circuit est bien hors tension (le circuit n'est pas réalimenté par ailleurs au moins sur ce point).

L'approche instrumentale développée par Rabardel (1995, 1999) nous permet de considérer l'activité sous l'angle des moyens mis en œuvre, quelle que soit leur nature, pour atteindre un but. Et nous fournit également un cadre d'analyse de leur développement par le sujet. Les différents moyens mobilisés pour effectuer des contrôles locaux sont analysés du point de vue des activités avec instruments (Rabardel, *op. cit.*), les travaux de Cuny (1981) nous permettant d'apporter des précisions sur les instruments sémiotiques.

Nous reprenons les trois moyens de contrôle précédents pour les analyser comme des instruments sémiotiques des opérateurs.

1. Le bouton déclencheur du disjoncteur.

L'instrument formé par l'opérateur est composé, dans sa partie artefact, par le bouton déclencheur. L'opérateur dispose d'un schème d'usage : l'appui sur le bouton déclencheur. L'objectif de l'opérateur est d'obtenir des informations sur l'état de la fonction de différentiel du disjoncteur et de la cascade de distribution en un point précis, l'amont du disjoncteur.

Cette utilisation du bouton de test est le résultat d'une genèse instrumentale : attribution de nouvelles fonctions à l'artefact. Les fonctions constituantes du bouton — prédéfinies par le concepteur — concernent la maintenance préventive : il s'agit de tester le bon fonctionnement de la fonction de différentiel du disjoncteur. Une nouvelle fonction est attribuée par l'opérateur : prendre des informations sur l'état de la cascade de distribution en amont du disjoncteur. La genèse instrumentale se caractérise plutôt par un processus d'instrumentalisation.

L'entité sémique qui le constitue est un signal, dont le signifiant est spécifiquement conçu pour être utilisé dans une autre classe de situation (maintenance corrective) que celle que nous observons (maintenance préventive). L'opérateur attribue une nouvelle fonction au signifiant.

2. La vérification d'absence de tension sur les nœuds de branchement du disjoncteur, consécutive à sa coupure.

Nous considérons ici comme artefact la règle de sécurité d'absence de tension. Sa mise en œuvre nécessite d'utiliser un outil de mesure : le VAT ou le multimètre. Ils constituent des instruments sémiques composites (signal, signe, symbole). Cette règle de sécurité précise que la vérification d'absence de tension doit être réalisée « au plus près du lieu de travail ». C'est la localisation de la vérification qui nous intéresse ici. Dans la situation étudiée, « au plus près du lieu de travail » signifie sur le porte-fusibles. Comme nous l'avons vu précédemment, tous les opérateurs réalisent cette vérification. Mais pour certains d'entre eux, elle est précédée d'une vérification sur le disjoncteur actionné ; ce qui, d'après nous, relève d'un usage spécifique de la règle de sécurité. L'instrument développé par les opérateurs serait donc composé de l'artefact règle de sécurité de vérification d'absence de tension et d'un schème : vérification sur les nœuds de branchement du disjoncteur actionné. L'objectif de l'opérateur est de prendre des informations sur le fonctionnement du disjoncteur en tant que sectionneur et sur la cascade de distribution aval du disjoncteur.

Il s'agit du résultat d'une genèse instrumentale : la règle de sécurité a pour fonction constituante la prise d'information sur l'état d'alimentation du dispositif technique sur lequel l'opérateur va travailler. Le contrôle sur le disjoncteur a pour fonction constituée de recueillir des informations sur le fonctionnement du disjoncteur et l'état de la cascade de distribution (au point aval du disjoncteur). Elle est complémentaire de la fonction constituante et représente un contrôle local. L'orientation principale de la genèse instrumentale serait ici l'instrumentalisation.

3. La prise d'information sur le quai, consécutive à la coupure d'un disjoncteur d'éclairage.

L'instrument formé par l'opérateur est composé de l'éclairage du quai, et du schème suivant : regarder le quai à la suite de la mise hors tension d'un disjoncteur d'éclairage. Il s'agit ici d'obtenir des informations sur l'état de la fonction de sectionneur du disjoncteur et de la cascade d'alimentation : le disjoncteur est bien en amont de l'éclairage du quai.

L'éclairage du quai est institué en signal par l'opérateur, qui lui attribue donc une nouvelle fonction. Cette utilisation de l'éclairage du quai constitue également la trace d'une genèse instrumentale, caractérisée par un processus d'instrumentalisation plus opportuniste, le signifiant directement observable est prélevé dans l'environnement.

Nous nous intéressons ici aux contrôles locaux, à leur organisation et aux instruments mobilisés par les opérateurs, en ne retenant que ceux qui sont produits dans des séquences démarrant par la coupure et aboutissant à la vérification d'absence de tension sur les porte-fusibles.

Nous relevons, dans un premier temps, la reproduction de séquences d'activité identiques par un même opérateur réalisant une mise hors tension. Puis nous examinerons les séquences d'activité réalisées une seule fois par un même opérateur, mais reproduites à l'identique par plusieurs.

1.3.1. La reproduction de séquences d'activité instrumentée identiques de mise hors tension pour un même opérateur

Plusieurs séquences d'activité instrumentée de mise hors tension, identiques pour un même opérateur, sont observées. Elles le sont au moins deux fois pour un même opérateur, et à chaque fois qu'un disjoncteur est coupé et la vérification d'absence de tension sur le porte-fusibles réalisée.

Tableau 7 : Organisation de l'activité de mise hors tension, séquence A

Opérateurs :	Séquence d'activité reproduite :
1, 2, 3, 5, 7 et 20	Coupure d'un disjoncteur*
	Vérification d'absence de tension sur le porte-fusibles, toujours avec le même outil de mesure (VAT ou multimètre)

* : pour tous les tableaux présentés dans cette partie, quand la précision n'est pas apportée, l'opérateur réalise la coupure en abaissant la manette du disjoncteur.

Cette première séquence d'activité (tableau 7) ne comprend pas de contrôle local. Elle est mise en œuvre par six opérateurs, soit 26 % de l'effectif total. Il s'agit de tous les opérateurs du groupe 1, d'un opérateur du groupe 2 et de deux opérateurs du groupe 3. Nous pouvons l'interpréter comme un schème d'action multi-instrumentée. Les instruments qui sont ici utilisés sont constitués de la manette du disjoncteur et de la règle de vérification d'absence de tension comme artefacts

Tableau 8 : Organisation de l'activité de mise hors tension, séquence B

Opérateurs :	Séquence d'activité reproduite :
4, 12, 13, 18, 21, 23	Coupure d'un disjoncteur en appuyant sur le bouton déclencheur
	Vérification d'absence de tension sur le porte-fusibles, toujours avec le même outil de mesure (VAT ou multimètre)

Cette séquence d'activité (tableau 8) comporte un contrôle local : la coupure du

disjoncteur est réalisée en appuyant sur le bouton déclencheur. Six opérateurs la reproduisent, pour tous les disjoncteurs actionnés, et au moins deux fois. Ils représentent 26 % des opérateurs. Il s'agit de trois opérateurs du groupe 2, d'un opérateur du groupe 3 et de deux du groupe 4. Il s'agit également d'un schème d'action multi-instrumentée. La différence avec le précédent réside dans la mobilisation de l'instrument formé avec le bouton déclencheur pour couper le disjoncteur.

Tableau 9 : Organisation de l'activité de mise hors tension, séquence C

Opérateurs :	Séquence d'activité reproduite :
14, 15, 19	Coupure d'un disjoncteur
	Vérification d'absence de tension au moins sur le côté aval du disjoncteur actionné
	Vérification d'absence de tension sur le porte- fusibles, toujours avec le même outil de mesure (VAT ou multimètre)

Le contrôle local concerne ici (tableau 9) la vérification d'absence de tension sur le côté aval du disjoncteur coupé. Trois opérateurs réalisent la même séquence d'activité, soit 13 % de l'effectif total. Cette séquence d'activité correspond également à un schème identifié lors de l'analyse des accidents et incidents⁴⁶.

Il s'agit ici de deux opérateurs du groupe 3 et d'un du groupe 4.

Trois opérateurs disposent donc d'un schème de mise hors tension multi-instrumentée qui comprend deux instruments formés à partir de la règle formelle de sécurité : l'un concerne un but local, l'autre le but générique (absence de tension sur le porte-fusibles du panneau de sortie). La règle permet de former deux instruments distincts.

⁴⁶ Chapitre 4.

1.3.2. La reproduction de séquences d'activité de mise hors tension, identiques pour plusieurs opérateurs

Les séquences d'activité présentées ci-après n'ont été identifiées qu'une seule fois pour un même opérateur. Toutefois, elles sont reproduites par plusieurs d'entre eux.

Tableau 10 : Organisation de l'activité de mise hors tension, séquence D

Opérateurs :	Séquence d'activité D.1 :
10, 17*	Coupure d'un disjoncteur
	Vérification d'absence de tension sur le porte-fusibles, toujours avec le même outil de mesure (VAT ou multimètre)
	Séquence d'activité D.2 :
	Coupure d'un disjoncteur d'éclairage
	Prise d'information sur l'éclairage du quai
	Vérification d'absence de tension sur le porte-fusibles, toujours avec le même outil de mesure (VAT ou multimètre)

** : l'opérateur 17 réalise toutes les mesures avec le VAT sauf la dernière, pour laquelle il utilise d'abord le VAT, puis le multimètre (voir chapitre 8)

Deux opérateurs, soit 9 % de l'effectif total, présentent des organisations différentes des activités de mise hors tension, en fonction de la mise hors tension d'un disjoncteur d'éclairage ou non. Ils appartiennent au groupe 4.

Ces opérateurs disposent d'un même schème d'action multi-instrumentée. Les instruments mobilisés sont formés à partir de la manette du disjoncteur, de la règle de vérification et, pour les disjoncteurs d'éclairage, de l'instrument développé à partir de l'éclairage du quai.

Tableau 11 : Organisation de l'activité de mise hors tension, séquence E

Opérateurs :	Séquence d'activité E.1 :
6, 11*, 16, 22	Coupure d'un disjoncteur en appuyant sur le bouton déclencheur
	Vérification d'absence de tension sur le porte-fusibles, toujours avec le même outil de mesure (VAT ou multimètre)
	Séquence d'activité E.2 :
	Coupure d'un disjoncteur d'éclairage en appuyant sur le bouton déclencheur
	Prise d'information sur l'éclairage du quai
	Vérification d'absence de tension sur le porte-fusibles, toujours avec le même outil de mesure (VAT ou multimètre)

** : l'opérateur 11 réalise toutes les mesures avec le multimètre, sauf la dernière pour laquelle il utilise d'abord le multimètre, puis le VAT (voir chapitre 8)

De la même façon que précédemment, nous identifions ici une organisation de l'activité qui diffère en fonction de l'appareillage alimenté par le disjoncteur coupé. Ces quatre opérateurs représentent 17 % de l'effectif total. Il s'agit d'un opérateur du groupe 2, d'un opérateur du groupe 3 et de deux opérateurs du groupe 4.

Dans le cas d'un disjoncteur d'éclairage, deux contrôles locaux sont ici mis en œuvre. Ils s'appuient sur la mobilisation des instruments composés du bouton différentiel et de la prise d'information sur l'éclairage du quai.

Une partie de ce schème d'action instrumentée est commune avec le précédent : l'usage de l'éclairage du quai. Six⁴⁷ autres opérateurs réalisent une coupure à partir d'un disjoncteur d'éclairage, mais la prise d'information consécutive n'est pas observée. Ils ne semblent pas disposer de cet instrument.

Ces cinq séquences spécifient le schème de mise hors tension commun à tous les opérateurs. Chacune est mise en œuvre au moins deux fois par un même opérateur et/ou concerne au moins deux opérateurs. Deux opérateurs ne sont pas pris en compte, leur activité ne répondant pas à ces critères (opérateur 8 du groupe 3 et 9 du groupe 4).

⁴⁷ Il s'agit des opérateurs 1 et 3 du groupe 1, 21 du groupe 2, 12 et 19 du groupe 4.

Les opérateurs disposent d'un schème de mise hors tension. Sa mise en œuvre correspond à un schème d'action multi-instrumentée, permettant ou non la réalisation de contrôles locaux. Comprenant des contrôles locaux, il nécessite la mobilisation de plusieurs instruments, issus de l'instrumentalisation d'éléments disponibles dans l'environnement — instruments sémiqes formés à partir de l'éclairage du quai, du bouton disjoncteur —, ou issus d'une genèse à partir de la règle de vérification.

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

Les instruments formés sur la base du bouton différentiel, de l'éclairage du quai ou de la règle de vérification pour réaliser une mesure sur le disjoncteur sont révélateurs de la mise en œuvre des concepts pragmatiques de continuité et sens de distribution de l'énergie. Ils rendent également compte de l'extension des classes de situations — représentation de situations anormales du point de vue de la continuité et du sens de distribution de l'énergie —, et de l'intégration des compétences techniques aux compétences sécuritaires. Nous aborderons ces trois points pour chacun des instruments considérés.

1. Utilisation du bouton différentiel pour la coupure d'un disjoncteur.

Cette utilisation particulière du bouton différentiel permet de prendre des informations sur l'état de la cascade d'alimentation en amont du disjoncteur.

Par exemple, en autoconfrontation l'opérateur 23 précise :

« Je sais que j'ai coupé une partie, donc je me dis que **l'alimentation est déjà arrivée là** [...] À tester pour voir si on a bien de l'alimentation, si on a bien du jus qui **arrive**. »

Il ne s'agit pas uniquement de savoir s'il y a présence de tension ou non, mais d'identifier une alimentation qui « arrive » en un point précis, que nous interprétons comme relevant, à la fois, de la continuité et du sens de distribution de l'énergie.

Cette utilisation révèle également l'intégration des compétences techniques et sécuritaires : ce type d'inférences n'est possible que si l'opérateur se représente le fonctionnement du bouton test et du différentiel du disjoncteur. Cet usage est intégré à une activité qui vise la sécurité : c'est la fonction principale de la mise hors tension. Par ailleurs, les opérateurs peuvent prélever, par ce même usage, des informations plus techniques sur le fonctionnement du différentiel du disjoncteur : si la manette s'abaisse automatiquement, le disjoncteur a détecté le défaut produit.

2. Utilisation de l'éclairage du quai.

L'usage de l'éclairage du quai permet d'obtenir des informations sur l'état de la cascade d'alimentation. Par exemple, en coupant à partir du disjoncteur DJ 65, deux néons sur cinq doivent s'éteindre. Il y a bien continuité entre ce disjoncteur et les néons et il est bien en amont des néons, comme dans une situation « normale ». Il n'y a pas d'erreur de branchement sur ce point. Par ailleurs, l'action sur le disjoncteur est efficace : il réalise la coupure. Cette dernière inférence nécessite de mobiliser des connaissances techniques sur le fonctionnement et les dysfonctionnements des disjoncteurs. Par exemple, à la suite d'un court-circuit dépassant le pouvoir de coupure du disjoncteur, ses pôles de coupure peuvent être inefficaces. De sorte que la coupure n'est pas réalisée effectivement. L'utilisation de l'éclairage du quai traduit la mobilisation des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie, la représentation de situations anormales (erreurs de branchement, dysfonctionnements des disjoncteurs) et l'intégration des compétences techniques et sécuritaires.

3. Utilisation de la règle de sécurité de vérification d'absence de tension pour faire des mesures sur le disjoncteur.

La réalisation de mesures sur le nœud de branchement aval d'un disjoncteur permet d'obtenir des informations sur le fonctionnement du disjoncteur : il réalise la coupure, et sur l'état de la cascade de distribution : il n'existe pas d'erreur de branchement sur le nœud aval (réalimentation du nœud de branchement aval), la cascade de distribution est hors tension en ce point.

L'opérateur 19 précise en autoconfrontation :

« Donc sous le différentiel, puisqu'ayant coupé le DJ voir si effectivement le départ est bien a priori isolé. **En tout cas en aval DJ [...] On peut ne pas couper quand on appuie sur le test.** »

La référence à l'erreur de branchement n'est pas ici explicite, l'opérateur fait plutôt référence au fonctionnement du disjoncteur et à l'état de la cascade de distribution en aval du disjoncteur. Mais cette mesure permet également de détecter une éventuellement erreur de branchement.

La réalisation de ce contrôle rend compte de la mobilisation des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie, de la représentation de situations anormales (extension des classes de situations), et de l'intégration des compétences techniques sur le fonctionnement des disjoncteurs aux compétences sécuritaires.

1.4. LES POINTS DE MESURE SUR LE PORTE-FUSIBLES DU PANNEAU DE SORTIE, UN ÉLÉMENT DES SCHÉMES DE MISE HORS TENSION MULTI-INSTRUMENTÉE

Jusqu'à présent nous avons abordé la vérification d'absence de tension sur le porte-fusibles sans différencier les différents points sur lesquels elle était effectuée. Or il s'agit d'un élément important pour la gestion des risques par les opérateurs.

Étant donné la panne simulée — dans la consigne, il est précisé que le porte-fusibles est cassé —, le nœud de branchement aval du porte-fusibles est hors tension et le nœud amont est sous tension. Une vérification d'absence de tension pertinente doit donc porter sur le nœud amont. Une vérification sur le nœud aval peut conduire à inférer que le porte-fusibles est hors tension alors qu'il n'en est rien et générer un accident.

Nos analyses portent sur deux points :

— La mise en évidence d'organisations invariantes de l'activité de contrôle de tension « au plus près du lieu de travail », c'est-à-dire sur le porte-fusibles du panneau de sortie. Nous examinerons également la relation entre les organisations invariantes mises en œuvre, les concepts pragmatiques de continuité et sens de distribution de l'énergie, et le champ et le degré d'expérience des opérateurs.

— L'analyse de ces organisations comme étant intégrées aux schèmes d'action multi-instrumentée.

1.4.1. L'organisation de l'activité de contrôle de tension « au plus près du lieu de travail »

En situation, il n'est pas aisé de localiser et de différencier les nœuds de branchement amont et aval. Les opérateurs disposent de critères visuels. Le tableau 12, ci-après, présente des exemples de verbalisations produites en autoconfrontation à ce sujet.

Tableau 12 : Exemples de critères visuels pour différencier les nœuds de branchements du porte-fusibles, verbalisés durant l'autoconfrontation⁴⁸

Opérateurs	N° de ligne du protocole	Verbalisations	Catégorisation des critères verbalisés
2	27	Aux différents fils qui sortent, d'un côté il y a deux couleurs, de l'autre il y a que des fils noirs.	Caractéristique des fils (couleur) en amont et en aval.
3	38	En suivant l'alimentation, parce que là par rapport au porte-fusibles vous avez des câbles d'alimentation qui arrivent, et après le porte-fusibles ils vont directement aux fluos ⁴⁹ .	Localisation des éléments techniques (fils, porte-fusibles, néons) et suivi des fils.
4	10	Alors je regarde où arrive la tension parce que visuellement dans les trois quarts des installations, qu'elles soient RATP ou autres, on bascule les fusibles de bas en haut ou de gauche à droite, mais c'est pas pour autant que l'alimentation arrive bien par-dessus ou par-dessous. Ça peut arriver de gauche ou de droite, dessus, dessous, d'avoir l'appareillage monté à l'envers, et donc moi je vérifie bien où arrive la tension.	Référence à la règle de métier de branchement d'un porte-fusibles. Référence à l'existence d'une erreur de branchement.

Les opérateurs disposent d'une règle de métier pour brancher un porte-fusibles. Le branchement doit correspondre à son sens d'ouverture. Posé verticalement, comme chez un particulier, on ouvre le porte-fusibles de haut en bas. Le haut doit être l'amont, le bas l'aval.

Les critères visuels verbalisés par les opérateurs en autoconfrontation (tableau 12 et annexes du chapitre 7) concernent les caractéristiques des fils, la structure visible (suivi des

⁴⁸ Les détails sont présentés dans les annexes du chapitre 7.

⁴⁹ Néons.

fil), la localisation d'éléments techniques et le suivi des fils, la connaissance des types de porte-fusibles, la règle de métier de branchement d'un porte-fusibles.

Ces critères reflètent la mobilisation des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie : ils permettent de se représenter la cascade de distribution locale de l'amont vers l'aval.

Par exemple, l'opérateur 2 s'appuie sur les différentes couleurs des fils. Le critère verbalisé semble peu fiable : les fils peuvent être de même couleur ou, si l'opérateur se réfère à un code couleurs précis, celui-ci peut ne pas avoir été respecté. La localisation des éléments techniques et/ou le suivi des fils rendent compte de l'intégration des concepts pragmatiques et des critères visuels : l'opérateur s'appuie sur la continuité — directement accessible en suivant les fils — et sur le sens de distribution de l'énergie — par où passent les câbles d'alimentation pour localiser le nœud de branchement aval : c'est-à-dire où les câbles arrivent, où ils vont . C'est également le cas de la règle de métier de branchement d'un porte-fusibles : le sens d'ouverture du porte-fusibles doit refléter l'amont et l'aval.

D'après plusieurs opérateurs, ces critères sont insuffisants, notamment, le critère visuel issu de la règle de métier de branchement d'un porte-fusibles. Il est insuffisant du fait de l'existence d'une erreur de branchement, comme le précise par exemple l'opérateur 4, (tableau 12). Par ailleurs, l'opérateur peut commettre une erreur s'il se fie uniquement à ces critères : trois opérateurs n'identifient pas la présence de tension sur le porte-fusibles (voir chapitre 6). Ce qui peut être interprété comme relevant de difficultés de manipulation de l'outil de mesure et/ou de l'utilisation de critères visuels qui les conduit à faire la mesure sur le nœud aval. Le contrôle le plus fiable consiste à réaliser une mesure sur les deux nœuds de branchement du porte-fusibles. En l'absence de difficulté de manipulation de l'outil de mesure, l'opérateur est alors sûr de détecter une présence de tension et de localiser le nœud amont, même si le branchement du porte-fusibles est inversé.

Le tableau 13 présente les points sur lesquels les opérateurs ont réalisé les mesures lors de la vérification d'absence de tension sur le porte-fusibles.

Tableau 13 : Les points de mesure lors de la vérification d'absence de tension sur le porte-fusibles

Opérateurs	Nombre d'opérateurs	Points de mesure
1*, 2, 3, 5*, 7, 10, 15, 16*, 17, 18, 20, 21, 22	13	Systématiquement sur le nœud de branchement amont
4, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 19, 23	10	Sur les deux nœuds de branchement à la première vérification et uniquement sur le nœud amont pour les suivantes

* signale les opérateurs qui n'identifient pas correctement l'état d'alimentation du porte-fusibles (voir également chapitre 6).

Treize opérateurs (soit 56 %) ne réalisent des mesures que sur le nœud de branchement amont du porte-fusibles. Dix (soit 44 %) réalisent la première mesure sur les deux nœuds de branchements et les suivantes uniquement sur l'amont.

Les mesures réalisées par les premiers correspondent à la mise en œuvre d'une règle que l'on peut exprimer de la façon suivante : « Au plus près du lieu de travail, faire les mesures uniquement en amont. » Elle est mise en œuvre par les trois opérateurs qui n'identifient pas la tension sur le porte-fusibles (épisodes 0 et 1, chapitre 6).

Pour les second cette règle serait : « au plus près du lieu de travail, faire une première mesure sur les deux nœuds de branchement, et les suivantes uniquement sur l'amont. »

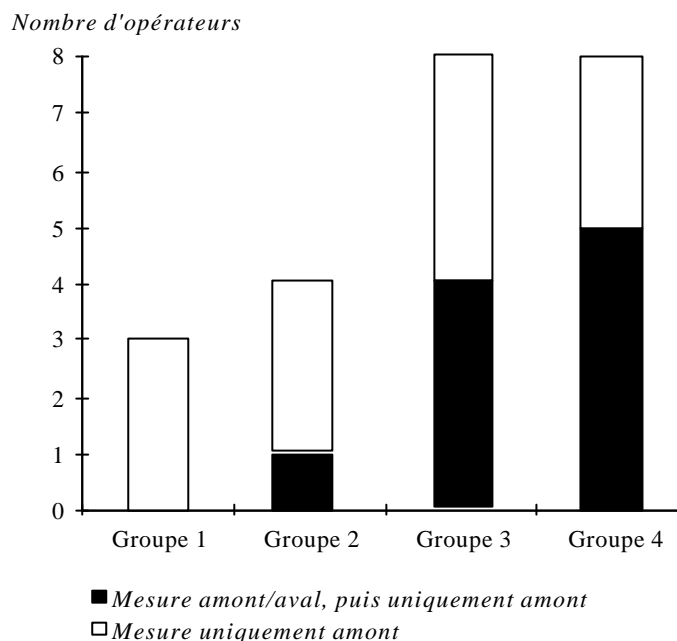
Nous interprétons la mesure sur les deux nœuds de branchement comme un savoir-faire de prudence (Cru, 1995) puisqu'il s'agit du comportement le plus sécuritaire, non précisé par la règle de sécurité de vérification d'absence de tension⁵⁰. Ces opérateurs ne se fient pas uniquement aux critères visuels dont ils disposent. Ils localisent de façon plus sûre le nœud de branchement amont. Une fois qu'il est localisé, les mesures suivantes ne portent plus que sur ce point.

La définition que nous donnons à « savoir-faire de prudence » est plus étendue que celle de Cru, puisqu'il concerne non seulement la gestion des risques externes mais également la gestion de risques internes : détecter des erreurs de l'opérateur lui-même lors de la

⁵⁰ La règle de sécurité de vérification d'absence de tension précise : « au plus près du lieu de travail ».

différenciation des deux nœuds de branchement.

Schéma 27 : L'organisation de la vérification « au plus près du lieu de travail », en fonction du champ et du degré d'expérience des opérateurs



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

La vérification d'absence de tension sur les deux nœuds de branchement du porte-fusibles n'est réalisée par aucun des opérateurs du groupe 1, un du groupe 2, la moitié des opérateurs du groupe 3 et un peu plus de la moitié des opérateurs du groupe 4.

Cette mesure constitue un moyen de localisation fiable du nœud de branchement amont du porte-fusibles. C'est un moyen d'identification de ses propres erreurs de localisation et des erreurs de branchement des autres — erreurs latentes de branchement du porte-fusibles. Elle n'est pas spécifiée par la règle de sécurité de vérification d'absence de tension. Ce savoir-faire de prudence se développe plutôt avec l'expérience du métier. Mais l'expérience n'est pas suffisante en soi (Bouthier *et al.*, 1995) : uniquement la moitié des opérateurs expérimentés le mettent en œuvre.

Nous la considérons comme un savoir-faire de prudence et une dimension de la compétence critique — entendue comme une dimension qui fait la différence entre les experts et les autres opérateurs — pour gérer le risque électrique. Ce point de vue est similaire à celui d'Amalberti (1996) : l'une des caractéristique de l'efficacité dans la gestion des risques est la possibilité d'identifier et de récupérer les erreurs. Il s'agit ici de ses propres erreurs, mais

également des erreurs latentes de branchement.

Le choix du nœud de branchement pour réaliser une vérification d'absence de tension « au plus près du lieu de travail » rend compte de la mobilisation des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie. Les opérateurs utilisent des critères visuels pour se représenter la cascade de distribution locale, c'est-à-dire le circuit d'alimentation du porte-fusibles au niveau du panneau de sortie, et localiser le nœud de branchement amont. La réalisation d'une vérification sur les deux nœuds de branchement peut être interprétée comme le fait que les critères visuels sont insuffisants et que l'opérateur se représente des situations anormales au regard des règles de métier. Cette dimension de la compétence critique est caractérisée par des concepts pragmatiques qui permettent la représentation de situations « anormales de branchement ». Ainsi l'opérateur ne se représente pas uniquement, par exemple, la cascade de distribution locale du porte-fusibles comme correspondant à la règle de métier de branchement du porte-fusibles : l'amont et l'aval ne peuvent pas uniquement être déterminés par le sens d'ouverture du porte-fusibles.

1.4.2. La vérification d'absence de tension au plus près du lieu de travail : un élément des schèmes d'action multi-instrumentée

Nous considérons la règle de sécurité de vérification d'absence de tension comme un artefact. Nous nous intéressons ici aux deux organisations invariantes de l'activité de vérification sur le porte-fusibles, en considérant les deux instruments développés par les opérateurs :

— Le premier est composé de l'artefact règle de sécurité et du schème : vérification au plus près du lieu de travail, uniquement sur le nœud de branchement amont.

— Le second est composé du même artefact et du schème : vérification au plus près du lieu de travail sur les deux nœuds de branchement dans un premier temps, puis uniquement sur le nœud amont ensuite.

L'objectif des opérateurs est différent :

— Pour le premier instrument, il s'agit uniquement du contrôle de la réalisation effective de la coupure.

— Pour le second, nous retrouvons ce même contrôle mais également le contrôle de la localisation du nœud de branchement amont, étant donné l'existence d'une erreur de branchement et l'insuffisance des critères visuels.

En ce qui concerne le premier instrument, la fonction constituante et la fonction constituée sont identiques. Le second se caractérise par des fonctions constituantes et constituées

complémentaires du point de vue de la gestion du risque. En effet, la réalisation d'une mesure sur les deux nœuds de branchements intègre la vérification d'absence de tension, mais, en même temps, une fonction supplémentaire est attribuée à l'artefact. La genèse instrumentale serait plutôt caractérisée par l'instrumentalisation.

Nous avons analysé les schèmes de mise hors tension en différenciant, pour les besoins de l'analyse, deux points : les contrôles locaux et la vérification d'absence de tension « au plus près du lieu de travail ». Mais ces deux points sont constitutifs d'un même schème pour le sujet.

Ainsi, tous les opérateurs disposent d'un schème de mise hors tension. Il est articulé aux concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie et s'appuie sur l'extension des classes de situations — représentation de situations « anormales ». Dans sa mise en œuvre, ce schème est un schème d'action multi-instrumentée, qui permet ou non la réalisation de contrôles locaux, et qui est constitué ou non d'un savoir-faire de prudence.

1.5. SCHÈMES D'ACTION MULT-INSTRUMENTÉE, DES DIFFÉRENCES EN FONCTION DU CHAMP ET DU DEGRÉ D'EXPÉRIENCE ?

Pour la mise hors tension, l'efficacité du schème d'action multi-instrumentée mis en œuvre dépend du type et du nombre d'inférences que l'opérateur est en mesure de faire sur l'existence de situations anormales. Le tableau 14 (ci-après) rend compte des classes de problèmes identifiables pour chacun des instruments utilisés.

Tableau 14: Classes de problèmes identifiés à partir de la mise en œuvre des différents instruments

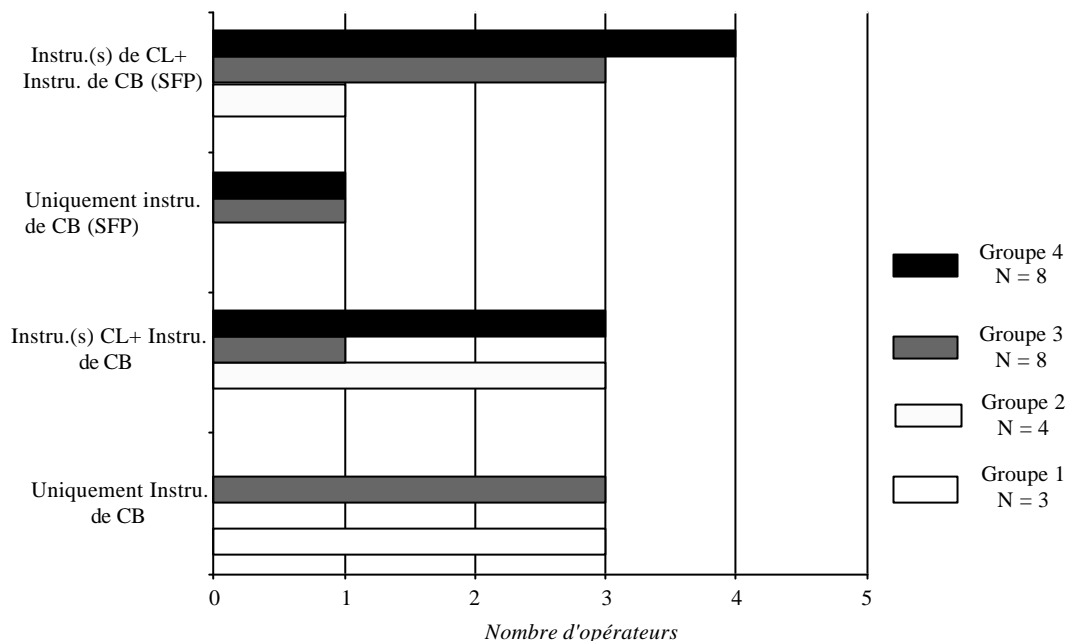
Les instruments	Les problèmes identifiables
<u>Les instruments qui permettent d'effectuer des contrôles locaux</u>	
Utilisation du bouton déclencheur du disjoncteur.	Identification de : - Dysfonctionnements de la fonction de différentiel du disjoncteur. - Erreur latente de branchement en amont du disjoncteur (il ne serait pas alimenté).
Utilisation de l'éclairage du quai, lors de la coupure d'un disjoncteur d'éclairage.	Identification de : - Dysfonctionnement de la fonction de sectionneur du disjoncteur (échec de la mise hors tension, inférence sur un branchement supposé partagé par deux circuits : éclairage du quai et panneau de sortie). - Erreur latente de branchement sur le circuit de l'éclairage du quai.
Utilisation de la règle de vérification pour effectuer un contrôle de tension sur le nœud de branchement aval du disjoncteur coupé.	Identification de : - Dysfonctionnement de la fonction de sectionneur du disjoncteur (échec de la mise hors tension, inférence sur un nœud de branchement intermédiaire). - Erreur latente de branchement : le nœud aval est réalimenté par un autre circuit (échec de la mise hors tension, inférence sur un nœud de branchement intermédiaire).
<u>Les instruments qui permettent de contrôler la réalisation du but de mise hors tension</u>	
Instrument 1 : Utilisation de la règle de vérification pour effectuer un contrôle de tension uniquement sur le nœud amont du porte-fusibles.	Identification de : 1. Échec de la mise hors tension : - Dysfonctionnement de la fonction de sectionneur du disjoncteur. - Erreur latente de branchement sur le circuit du porte-fusibles. 2. Erreur de l'opérateur : il n'a pas coupé le bon disjoncteur.
Instrument 2 : Utilisation de la règle de vérification pour effectuer un contrôle de tension sur les deux nœuds du porte-fusibles, puis uniquement sur le nœud amont (savoir-faire de prudence).	Identification de : 1. Échec de la mise hors tension : - Dysfonctionnement de la fonction de sectionneur du disjoncteur. - Erreur latente de branchement sur le circuit du porte-fusibles. 2. Erreur latente de branchement du porte-fusibles. 3. Erreur de l'opérateur : - Il n'a pas coupé le bon disjoncteur. - Différenciation des deux nœuds de branchement du porte-fusibles.

Tous les problèmes qui ont des conséquences sur la mise hors tension se traduisent par un même symptôme : la présence de tension sur le nœud amont du porte-fusibles, malgré la coupure. Les deux instruments de contrôle d'atteinte du but sont donc, de ce point de vue, les plus pertinents. L'instrument 2 est toutefois plus informatif que le premier : il permet de détecter les mêmes problèmes que le premier, mais également d'autres types de problèmes, concernant des risques internes et externes (tableau 14).

Toutefois, les instruments de contrôles locaux sont plus économiques. D'une part, ils sont plus discriminants : les erreurs de branchement et les dysfonctionnements des disjoncteurs peuvent être identifiés et surtout localisés de façon plus précise. D'autre part, ils permettent d'identifier des problèmes sans avoir à se déplacer jusqu'à l'élément à mettre hors tension. Ici, le panneau de sortie est situé à l'autre extrémité du quai. Dépendant de l'élément à mettre hors tension et de la configuration de la station, la distance entre l'armoire et l'élément à mettre hors tension peut être beaucoup plus importante. Ces instruments évitent ainsi des déplacements inutiles. Ce sont donc des instruments qui, par leur intégration de dimensions techniques et sécuritaires, permettent de gérer des risques professionnels et permettent l'économie. L'efficacité du schème de mise hors tension multi-instrumentée pour la gestion des risques résiderait alors dans la mise en œuvre d'un instrument de contrôle local et de l'instrument de contrôle d'atteinte du but qui constitue un savoir-faire de prudence. Le schéma 28 (page suivante) présente les instruments mis en œuvre en fonction du champ et du degré d'expérience⁵¹.

⁵¹ Les détails sont présentés dans les annexes du chapitre 7.

Schéma 28 : Les schèmes de mise hors tension multi-instrumentée, en fonction du champ et du degré d'expérience



CL : contrôle local, CB : contrôle d'atteinte du but, SFP : savoir-faire de prudence.
 Groupe 1 : « jeunes » en formation en alternance ; groupe 2 : « jeunes » opérateurs ;
 groupe 3 : opérateurs expérimentés métier ; groupe 4 : opérateurs expérimentés métier et poste de travail.

Les résultats portant sur les instruments constitutifs du schème de mise hors tension en fonction du champ et du degré d'expérience sont hétérogènes, notamment pour les opérateurs ayant une expérience du métier et/ou du poste de travail (groupes 3 et 4, schéma 28). Une tendance semble toutefois se dégager : les opérateurs qui mettent en œuvre un contrôle d'atteinte du but constituant un savoir-faire de prudence sont majoritairement ceux qui ont une expérience du métier. Les opérateurs qui mettent en œuvre le schème de mise hors tension multi-instrumentée le plus efficace pour la mise hors tension (contrôle local et savoir-faire de prudence) sont également ceux qui ont une expérience du métier. Les opérateurs qui ont acquis une expérience du métier et du poste de travail utilisent tous au moins un instrument de contrôle local, associé à un instrument de contrôle d'atteinte du but.

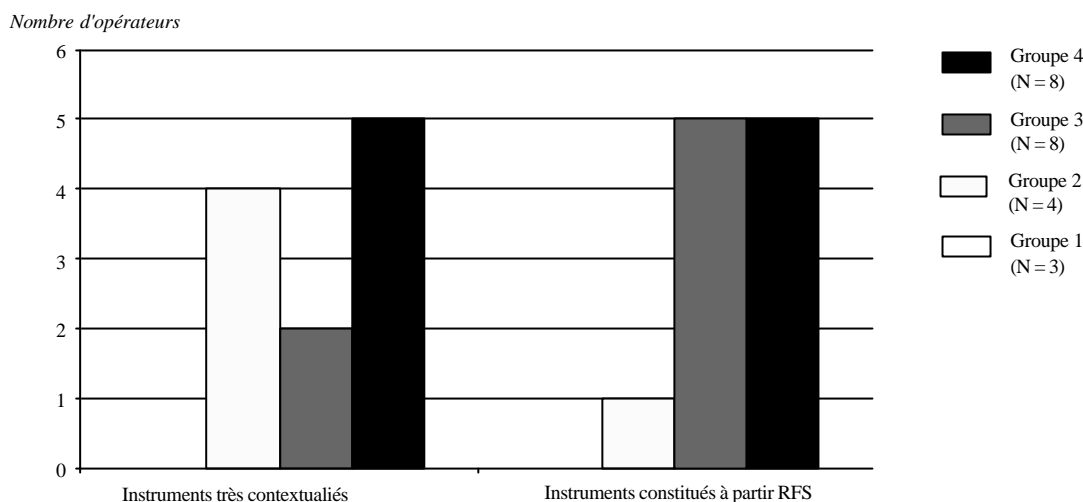
Les instruments des opérateurs sont donc plus nombreux avec l'accroissement de l'expérience, mais l'objet de l'activité des opérateurs évolue également.

En effet, les opérateurs en formation par alternance (groupe 1) ne disposent ni d'instruments de contrôle local, ni du savoir-faire de prudence. Avec l'expérience du métier, les instruments des opérateurs conduisent à faire des inférences plus nombreuses et plus

précises sur l'état et le fonctionnement de la cascade de distribution. Le nombre et le type de situations « anormales » qu'ils permettent de détecter s'accroissent (tableau 14, schéma 28). Il semble donc qu'avec l'expérience du métier, l'objet de l'activité ne soit plus uniquement de contrôler l'atteinte du but, mais de catégoriser de façon plus précise la situation traitée, de se construire une représentation de la structure du dispositif et du fonctionnement de certains des éléments qui en font partie et qui sont impliqués dans la mise hors tension. Cette évolution de l'objet de l'activité doit être mise en rapport avec l'extension des classes de situations anormales que les opérateurs se représentent et le développement des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie.

L'expérience au poste de travail joue sur le type d'instruments constitué par les opérateurs (schéma 29). Les instruments des opérateurs peuvent être très contextualisés, dépendant des caractéristiques des situations traitées. En effet, l'armoire électrique utilisée dans la simulation est de dernière génération, tous les disjoncteurs sont équipés d'un bouton test. Ce n'est pas le cas de toutes les armoires de l'entreprise. L'utilisation de l'éclairage du quai n'est possible que lorsqu'on s'intéresse aux circuits d'éclairage. En revanche, les instruments constitués à partir de la règle de vérification d'absence de tension « au plus près du lieu de travail » restent disponibles et efficaces pour toute situation de mise hors tension. Nous excluons ici l'utilisation de la règle pour effectuer un contrôle sur un seul des nœuds de branchement du porte-fusibles. Dans ce cas, les fonctions de l'instruments sont identiques à ce qui est prévue par la règle formelle ; nous reviendrons sur ce point (chapitre 8).

Schéma 29 : Type d'instruments constitutifs du schème de mise hors tension



SFP : savoir-faire de prudence.

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

Les instruments développés par les opérateurs du groupe 2 sont majoritairement des instruments sémiqques dont l'utilisation est contextuelle, très liée aux éléments disponibles dans l'environnement (utilisation de l'éclairage du quai, du bouton déclencheur). Ce n'est pas le cas des opérateurs du groupe 3, qui sont moins nombreux à disposer de tels instruments (uniquement deux opérateurs sur huit). Pour ce groupe, les instruments développés sont plutôt issus de la règle formelle de vérification d'absence de tension. Ces deux types d'instruments sont utilisés par les opérateurs du groupe 4. Ainsi la constitution d'instruments sémiqques caractérisés par la contextualisation semble davantage liée à l'expérience du poste de travail ; et le développement d'instruments à partir de la règle formelle de sécurité, à l'expérience du métier.

Les instruments constitutifs du schème de mise hors tension diffèrent donc en fonction du champ et de degré d'expérience.

Tous les opérateurs mettent donc en œuvre un schème de mise hors tension multi-instrumentée. Ces schèmes sont plus ou moins efficaces en fonction des classes de problèmes que les instruments permettent d'identifier. Les instruments dont disposent les opérateurs diffèrent en fonction du champ et du degré d'expérience. Ainsi, les instruments constitués à

partir de la règle de vérification d'absence de tension, dont le savoir-faire de prudence, semblent plutôt se développer avec l'expérience du métier. Les instruments sémiologiques très contextualisés se développent plutôt avec l'expérience du poste de travail. Avec l'expérience du métier et du poste de travail, les opérateurs disposent d'instruments qui leur permettent de faire des inférences plus nombreuses et plus précises sur les classes de problèmes. Au final, ils permettent de catégoriser plus précisément la situation comme relevant ou non d'une classe de problèmes. Les instruments évoluent en fonction du champ et du degré d'expérience des opérateurs, mais l'objet de leur activité évolue également. Avec l'expérience du métier, il ne s'agit pas uniquement de contrôler l'atteinte du but mais de se construire une représentation plus précise du fonctionnement et de la structure de la cascade de distribution, de caractériser plus précisément la situation traitée. De quelle classe de situations fait-elle partie ? Le développement des instruments et de l'objet de l'activité des opérateurs seraient donc articulés à l'extension des classes de situations anormales que l'opérateur se représente et au développement des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie.

Les similitudes et différences des instruments observées en fonction du champ de l'expérience peuvent être interprétées comme relevant des caractéristiques des domaines d'activités dans lesquels les opérateurs ont acquis leur expérience : électromécanique ou réseau de distribution de l'énergie électrique. En effet, ces deux domaines partagent une même tâche critique (la mise hors tension), des concepts pragmatiques (continuité et sens de distribution de l'énergie), et une même règle de sécurité (vérification d'absence de tension), ce qui peut sans doute expliquer que des opérateurs ayant une expérience du métier et peu du poste de travail (groupe 3) disposent d'instruments formés à partir de la règle de vérification qui sont pertinents et efficaces dans leur nouveau domaine d'activités. En même temps, dans leur domaine d'activités antérieur, les opérateurs du groupe 3 n'avaient pas pour tâche la maintenance du réseau de distribution de l'énergie, et la portion de ce réseau qu'ils avaient à prendre en compte était plus réduite — uniquement le disjoncteur juste en amont des dispositifs techniques dont ils assuraient la maintenance. Ainsi, les inférences sur l'état du réseau (son fonctionnement, sa structure) étaient plus réduites, moins critiques. Ce qui pourrait expliquer qu'ils aient moins eu besoin de multiplier les instruments permettant de telles inférences. Par ailleurs, constituer des instruments très contextualisés relève aussi de la connaissance des spécificités des situations.

1.6. SCHÈME D'ACTION MULTI-INSTRUMENTÉE ET COMPÉTENCE CRITIQUE

Pour caractériser des dimensions des compétences critiques, les schèmes de mise hors tension multi-instrumentée sont examinés en analysant les différents instruments constitutifs de ces schèmes et les classes de problèmes qu'ils permettent d'identifier (présentées tableau 14, plus haut). La compétence critique peut alors être définie en prenant en compte la pertinence des informations pour la gestion de la sécurité et l'économie. Nous considérons qu'elle est définie par la mise en œuvre, à la fois, d'un instrument de contrôle local et de l'instrument constituant un savoir-faire de prudence.

Tableau 15 : Nombre d'opérateurs disposant à la fois d'un instrument de contrôle local et de l'instrument constituant un savoir-faire de prudence, en fonction du champ et du degré d'expérience ⁵²

	Groupe 1 (N = 3)	Groupe 2 (N = 4)	Groupe 3 (N = 8)	Groupe 4 (N = 8)
Instrument de contrôle local et instrument constituant un savoir-faire de prudence	0	1	3	4

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

Seuls huit opérateurs ont développé un schème d'action multi-instrumentée constitué d'au moins un instrument de contrôle local et du savoir-faire de prudence, soit uniquement 35 % de l'effectif total. Il s'agit principalement d'opérateurs ayant une expérience du métier et/ou du poste de travail. Un seul des opérateurs du groupe 2 (« jeunes » opérateurs) est dans ce cas (opérateur 23) et, aucun opérateur du groupe 1 (« jeunes » en formation en alternance).

Nous avons défini la compétence critique comme le fait de disposer d'un schème de mise hors tension multi-instrumentée composé du savoir-faire de prudence et d'au moins un

⁵² Détails en annexes du chapitre 7.

instrument permettant un contrôle local. Une telle constitution du schème de mise hors tension s'appuierait sur la conceptualisation de certaines caractéristiques du domaine — existence d'erreurs de branchement, de dysfonctionnements du disjoncteur pouvant mettre en échec l'opération de mise hors tension et constituant un facteur d'accident. Cette conceptualisation se traduit par la mobilisation des concepts pragmatiques continuité et sens de distribution de l'énergie, l'intégration des erreurs de branchement et des dysfonctionnements des disjoncteurs au « modèle de normalité » et l'intégration des compétences techniques et sécuritaires. De plus, de tels schèmes de mise hors tension peuvent constituer un moyen d'éviter des déplacements inutiles en détectant des anomalies dès la coupure. Ils permettent donc l'économie.

1.6. POUR RÉSUMER

À partir des analyses d'accidents et d'incidents (chapitre 4) nous avons fait l'hypothèse qu'avec l'expérience les opérateurs disposaient d'un schème de coupure et d'un schème de vérification, articulés aux concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie. L'analyse des résultats de la simulation nous conduit à préciser qu'il ne s'agit que d'un seul schème, que nous avons appelé « schème de mise hors tension ». Tous les opérateurs le mettent en œuvre. Il s'appuie sur la mobilisation des concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie.

Analyser ce schème en considérant l'ensemble des moyens mis en œuvre à partir du cadre des activités avec instruments (Rabardel, 1995) permet de le définir comme un schème d'action multi-instrumentée. Les instruments qui le composent sont des instruments sémiques ou fondés sur la règle formelle de sécurité de vérification d'absence de tension « au plus près du lieu de travail ». Le schéma 30, plus bas, synthétise cet ensemble.

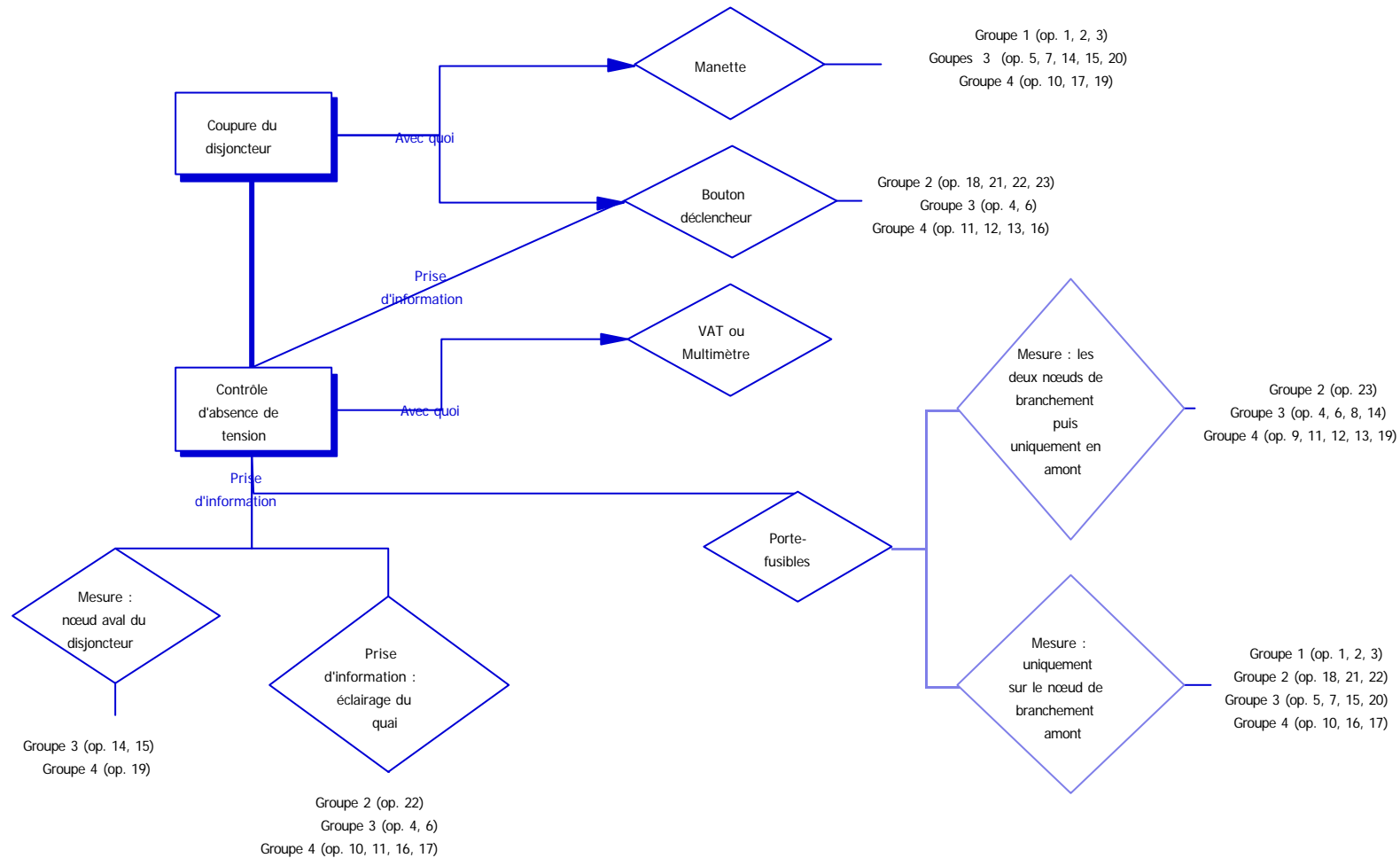
- Les instruments sémiques

L'entité sémique qui les constitue est un signal, dont le signifiant est soit prélevé directement dans l'environnement (éclairage du quai), soit spécifiquement conçu pour être utilisé dans une autre classe de situations que celle que nous observons (bouton déclencheur). Dans les deux cas, l'utilisation est contextualisée ; elle dépend des caractéristiques de la situation. Ces instruments permettent la réalisation de contrôles locaux. Leur développement semble dépendre de l'expérience au poste de travail.

- Les instruments issus de la règle formelle de sécurité

Trois instruments sont formés à partir de la règle de vérification d'absence de tension « au plus près du lieu de travail ». Deux concernent le but générique (vérification

Schéma 30 : Le schème de mise hors tension multi-instrumentée en fonction du champ et du degré d'expérience



d'absence de tension au plus près du lieu de travail), le troisième un but local (vérification sur le nœud aval d'un disjoncteur).

Concernant le but générique, les schèmes d'utilisation des opérateurs peuvent être exprimés de la façon suivante :

- faire une mesure sur le nœud de branchement amont du porte-fusibles ;
- faire une mesure sur les deux nœuds de branchement, et uniquement sur le nœud amont par la suite.

Le second instrument constitué est considéré comme un savoir-faire de prudence : il permet d'éviter des erreurs de l'opérateur et d'identifier des erreurs latentes de branchement, lors d'un contrôle sur l'élimination du risque électrique. Cet instrument se développe plutôt avec l'expérience du métier.

Concernant le but local, le schème d'utilisation peut également être exprimé de la façon suivante : « faire un contrôle de tension au moins sur le nœud aval de branchement du disjoncteur coupé. »

Cet instrument n'est mis en œuvre que par peu d'opérateurs qui ont tous une expérience du métier.

Le développement des modèles opératoires permet une meilleure gestion des risques. Il est caractérisé par l'extension des classes de situations résultant de la représentation de situations anormales, par le développement de concepts pragmatiques. Les modèles opératoires du risque sont articulés au développement d'un schème de mise hors tension intégrant des instruments nombreux et informatifs, dont certains constituent des savoir-faire de prudence. Le champ et le degré d'expérience ont des effets sur cette genèse.

Ainsi, nous pouvons préciser des éléments du développement de la compétence critique.

- Le développement de la compétence critique concerne l'intégration des aspects techniques et sécuritaires, et les concepts pragmatiques continuité et sens de distribution de l'énergie permettant de se représenter des situations anormales : erreurs de branchement, dysfonctionnements des disjoncteurs. Ce qui conduirait à l'extension des classes de situations des opérateurs. Nous retrouvons ici une dimension de la conceptualisation mise en évidence dans le domaine de la conduite de machines (Pastré, 1999 b) : la capacité à traiter des situations non prototypiques.

- Avec ce développement, les opérateurs élaboreraient des instruments de contrôle local et constitueraient un savoir-faire de prudence. La genèse des instruments est plutôt marquée par l'instrumentalisation. Il s'agirait alors de la découverte des propriétés des artefacts et de la mise en relation de ces propriétés et de celles de la cascade de distribution, par l'intermédiaire des concepts pragmatiques identifiés précédemment.

De façon analogue à un système dynamique (Pastré, *op. cit.*), la principale variable

fonctionnelle n'est pas ici directement accessible : la structure de la cascade de distribution. La médiation est nécessaire pour prendre de l'information. Les opérateurs disposent d'instruments qui permettent de prendre des informations sur l'état d'alimentation (présence, absence de tension) et, sur cette base, de faire des inférences sur la structure et le fonctionnement de la cascade.

L'objet de l'activité des opérateurs évolue également. Il ne s'agit plus uniquement de contrôler l'atteinte du but, mais de caractériser plus précisément la situation traitée. En paraphrasant Pastré (*op. cit.*), quand les concepts pragmatiques ne fournissent pas à la fois le concept et l'observable, l'opérateur doit construire des indicateurs. Les instruments de contrôle local et le développement du savoir-faire de prudence sont la trace de l'élaboration d'indicateurs moins formels, mais efficaces et économiques pour la gestion des risques par l'opérateur.

Nous avons différencié deux types d'instruments élaborés par les opérateurs : des instruments sémiotiques, très contextualisés et des instruments développés à partir de la règle formelle de vérification d'absence de tension. Les premiers sont plutôt développés avec l'expérience du poste de travail, les seconds avec l'expérience du métier. Ces différences peuvent être interprétées à partir des caractéristiques des domaines d'activités dans lesquels les opérateurs ont acquis leur expérience. En effet, les opérateurs du groupe 3 ont acquis leur expérience dans le domaine de la maintenance électromécanique au sein de l'entreprise. La cascade d'alimentation qu'ils avaient à traiter est réduite. Elle ne concerne que le dispositif alimenté et le disjoncteur juste en amont. Au contraire, dans le domaine de la maintenance du réseau de distribution de l'énergie (groupes 2 et 4) les opérateurs doivent traiter l'ensemble de la cascade d'alimentation, dans sa partie basse tension. Il s'agit d'un réseau complexe, à plusieurs niveaux hiérarchisés. Ces caractéristiques pourraient expliquer la constitution d'instruments plus contextualisés permettant de multiplier les inférences sur la cascade (sa structure, son fonctionnement) à partir d'instruments qui permettent d'économiser les déplacements (nous reviendrons sur ce point, chapitre 8).

Le développement d'instruments à partir de la règle formelle de sécurité, et plus particulièrement du savoir-faire de prudence et de l'instrument permettant le contrôle local, semble davantage lié à l'expérience du métier. Il s'agirait alors de caractéristiques communes aux deux domaines d'activités.

La constitution d'un schème de mise hors tension multi-instrumentée s'appuierait sur la conceptualisation des caractéristiques des domaines d'activités dans lesquels les opérateurs ont acquis leur expérience. Ces caractéristiques concernent notamment les dysfonctionnements des disjoncteurs et les erreurs de branchement, qui indiquent l'extension des classes de situations, la représentation de situations « anormales ». Cette conceptualisation, nécessitant d'intégrer des aspects techniques et sécuritaires, est sous-tendue par les concepts pragmatiques de continuité et de sens de distribution de l'énergie. Elle est liée

à l'extension des classes de situations que l'opérateur se représente, à la constitution de nouveaux instruments pour les détecter et à l'évolution de l'objet de l'activité de contrôle de la mise hors tension. Une telle interprétation est cohérente avec les résultats de Mhamdi (1998), qui montrent l'importance du développement de l'expérience au poste de travail pour la gestion des risques professionnels

Mais ce développement n'est pas uniforme. Ainsi, si deux opérateurs du groupe 2 (22 et 23) disposent d'un schème de mise hors tension multi-instrumentée, celui de l'opérateur 23 pouvant être qualifié de compétence critique, ils peuvent aussi prendre des décisions de mise hors tension plus risquées ou inappropriées (voir chapitre 6). Nous les avons interprétées comme liées à un moindre développement de leurs métaconnaissances de compétences, et comme un moindre développement des concepts pragmatiques qui se traduit par des difficultés à se représenter la localisation possible de l'erreur de branchement dans le réseau de distribution, sur la base de son symptôme. Ainsi, si l'opérateur 23 se représente l'existence d'erreurs de branchement et dispose de moyens pour s'en protéger, il lui est plus difficile de faire des inférences sur le réseau de distribution à partir de l'observation d'un symptôme.