

# Système d'instruments : un cadre pour analyser le rapport aux règles de sécurité

**C. VIDAL - GOMEL**

*Université Paris VIII-CNRS*

*Laboratoire cognition*

*et activités finalisées (FRE 2308)*

*2, rue de la liberté*

*F-93526 Saint-Denis Cedex*

*vidal@univ-paris8.fr*

Le rapport aux règles de sécurité a souvent été analysé du point de vue de la violation ou de la transgression versus le respect des règles. Nous proposons ici de l'aborder à partir du cadre des activités avec instruments (Rabardel, 1995) et plus précisément du point de vue des systèmes d'instruments (Lefort, 1982, Rabardel, op. cit. ; Minguy, 1997, Rabardel et Bourmaud, sous presse). Cette approche nous permet de dépasser le cadre de la violation ou de la transgression des règles en considérant les aspects fonctionnels des moyens mis en œuvre par les opérateurs pour gérer les risques et leurs relations, et de réinscrire le rapport aux règles de sécurité dans un cadre développemental.

Dans un premier temps, nous préciserons les notions de règles de sécurité, de violations et d'erreurs. Nous examinerons ensuite un ensemble de travaux qui soulignent les différents moyens dont disposent les opérateurs pour gérer les risques et les rapports que peuvent entretenir ces moyens avec les règles de sécurité, puis nous présenterons les notions d'instruments et de systèmes d'instruments. Cette approche du rapport aux règles de sécurité s'appuiera sur des exemples issus de l'analyse de l'activité d'électriciens de différents degrés et champs d'expérience dans une situation de simulation (Vidal-Gomel, 2001). Nous concluons en soulignant les apports de cette approche dans le domaine de la formation à la gestion des risques professionnels.

## 1 - RÈGLES DE SÉCURITÉ, VIOLATIONS ET ERREURS

Les règles de sécurité sont à la fois des ressources et des contraintes. Elles sont des principes opératifs permettant d'atteindre un objectif de sécurité (Leplat, 1998). Dans ce sens, elles constituent des aides dans le traitement des situations à risques. Mais elles sont aussi un moyen de contraindre, d'encadrer le comportement de l'opérateur pour éviter qu'une erreur mettant en danger la fiabilité du système de travail ne soit produite et, plus cette contrainte est renforcée, plus on augmente le risque de voir apparaître des violations (Leplat, 1997). Enfin, elles sont également un référent légal, qui permet plus ou moins précisément d'établir les responsabilités en cas d'accident (Hale, Swuste, 1998).

Comme les erreurs, les violations peuvent être définies comme des écarts à la norme. Concernant les violations qui nous intéressent ici, la norme est la règle de sécurité. Violations et erreurs se différencient du point de vue de l'intentionnalité. Non intentionnelles, les violations peuvent être attribuées à la méconnaissance, à l'inexpérience. Nous nous centrons ici sur les violations intentionnelles, en excluant les cas de malveillance ou de négligence. Les erreurs ne sont pas intentionnelles. Elles «concernent tous les cas, où une séquence planifiée d'activités mentales ou physiques ne parvient pas à ses fins désirées et quand ces échecs ne peuvent pas être attribués à l'intervention du hasard» (Reason, 1993, p. 31).

L'un des objectifs des ergonomes est d'améliorer la prescription en vue de diminuer les violations, mais cela ne signifie pas pour autant leur disparition (Leplat, 1998, par exemple). Elles peuvent relever des processus en jeu dans les idéologies défensives de métiers (Dejours, 1987 ; Cru, 1995) ou dans les arènes d'habileté (Dodier, 1996). Par ailleurs, les violations relèvent de l'écart entre la tâche prescrite et la tâche redéfinie, précisées par Leplat (1997) ou Rabardel et al. (1995). L'opérateur interprète, il n'applique pas simplement la règle (Davezie, 1993 ; Mayen, Savoyant, 1999). Cette interprétation dépend de ses compétences. Et plusieurs auteurs, dont Mayen et Savoyant (op. cit.) ou Gaudart et Weill-Fassin (1999), soulignent une évolution du rapport aux règles de sécurité en fonction du développement des compétences des opérateurs.

## **2 - LES OPÉRATEURS DISPOSENT DE DIFFÉRENTS TYPES DE MOYENS POUR GÉRER LES RISQUES PROFESSIONNELS**

Les règles de sécurité peuvent s'avérer imparfaites et incomplètes au regard des caractéristiques des situations et elles ne sont pas toujours le comportement le plus efficace pour assurer la sécurité (Reason et al., 1998). En examinant les annotations d'un pilote sur son manuel de procédures, Wright et Mc Carthy (sous presse) en fournissent des exemples dans le domaine du pilotage d'avions.

Avec l'expérience, les opérateurs élaborent différents types de moyens pour gérer les risques. Par exemple, pour les tailleurs de pierre, il s'agit de «la bonne mise en chantier de son caillou»

(Cru, 1995). Aucune règle de sécurité ne définit la bonne mise en chantier du caillou qui permet de gérer des risques d'accidents pour soi et pour les autres. Elle constitue un savoir-faire de prudence. Ils sont transmis par la collectivité de métier. Ils ont pour caractéristique de rester méconnus des organismes de sécurité ou de l'organisation du travail (Cru, op. cit.). Ils sont discrets à l'observation (Rousseau, Monteau, 1991). Cru, Rousseau et Monteau (op. cit.) s'accordent pour préciser qu'ils ne sont identifiables qu'en s'intéressant à leur efficacité pour gérer les risques. Une approche fonctionnelle est donc nécessaire.

Les savoir-faire de prudence sont assimilables à des pratiques informelles de sécurité. Nous considérons toutefois que toutes les pratiques informelles de sécurité mises en œuvre par les opérateurs ne sont pas des savoir-faire de prudence. De notre point de vue, la mise en œuvre d'un savoir-faire de prudence constitue un comportement aussi sûr que l'est celle d'une règle de sécurité. Les pratiques informelles de sécurité auraient alors un domaine de validité plus restreint pour gérer les risques.

## **2 - RÈGLES DE SÉCURITÉ, PRATIQUES INFORMELLES ET SAVOIR FAIRE DE PRUDENCE : UTILISATION CONTEXTUELLE, SUBSTITUTION ET COMPLÉMENTARITÉ**

Le rapport aux règles de sécurité ne se résume pas au respect des règles versus violation. En effet, Rousseau et Monteau (op. cit.) observent que si certaines règles de sécurité sont systématiquement mises en œuvre, d'autres ne le sont qu'en fonction du contexte. Par exemple, en basse tension, des monteurs électriciens n'effectuent pas de vérification d'absence de tension «quand le lieu de consignation est visible» (p. 36).

L'une des caractéristiques des savoir-faire de prudence mis en évidence par Cru ou Rousseau et Monteau est qu'ils complètent «les blancs» laissés par les règles de sécurité. Dans ce cas, savoir-faire de prudence et règle de sécurité peuvent être mis en œuvre conjointement, leurs fonctions pour assurer la sécurité sont complémentaires. Mais des cas de substitution sont également observés. Par exemple, dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques, des opérateurs précisent que quand l'intensité est peu élevée ils portent leurs gants de manutention à la place de leurs gants isolants,

dont le port est prescrit pour travailler en présence de tension (Vidal-Gomel, Samurçay, 2002). Nous considérons ici qu'une pratique informelle s'est substituée à la règle formelle.

Ainsi les opérateurs semblent disposer d'un ensemble de moyens de différentes natures pour gérer les risques : règles formelles de sécurité, dont certaines ne sont appliquées qu'en fonction du contexte, savoir-faire de prudence, au moins aussi efficaces que les règles formelles, et pratiques informelles de sécurité, dont le domaine de validité est plus restreint. Ces différents moyens peuvent être utilisés conjointement ou l'un à la place de l'autre (substitution). L'opérateur semble alors jouer sur la complémentarité et/ou sur la redondance, même partielle, des fonctions, qui sont deux caractéristiques des systèmes d'instruments.

Avant d'aborder la notion de système d'instruments, nous rappelons brièvement le cadre des activités avec instruments.

## 4 - INSTRUMENTS ET SYSTÈMES D'INSTRUMENTS

Les instruments sont considérés comme des entités mixtes, c'est-à-dire composés des schèmes d'utilisation du sujet et d'un artefact (Rabardel, 1995). Celui-ci peut être matériel (Minguy, 1997, par exemple) ou symbolique, telles les règles de sécurité.

La constitution de ses instruments par le sujet relève d'un processus de genèse instrumentale qui concerne aussi bien l'artefact — instrumenta- lisation — que le sujet — instrumentation.

- L'instrumentalisation est un processus de découverte des propriétés et d'attribution de nouvelles fonctions à l'artefact. La catachrèse en est une trace visible : attribution par l'opérateur d'une fonction non prévue par le concepteur. La transformation de l'artefact est également une trace d'instrumentalisation.

L'instrumentalisation peut être locale et liée aux caractéristiques d'une situation spécifique. Elle peut aussi être plus durable, voire permanente : la fonction attribuée à l'artefact sera mobilisée en fonction des caractéristiques d'une classe de situations et de l'objet de l'activité de l'opérateur.

- L'instrumentation concerne l'évolution des schèmes du sujet : accommodation des schèmes de l'opérateur — les schèmes changent de signification —, assimilation d'un nouvel artefact aux schèmes — l'artefact acquiert une nouvelle signification (Galinier, 1997).

Les instruments ne sont pas isolés, ils peuvent former un système (Lefort, 1982 ; Rabardel, 1995 ; Minguy, 1997 ; Rabardel, Bourmaud, sous presse). Il s'agit d'un ensemble structuré en fonction de l'expérience de l'opérateur et composé, à la fois, d'instruments formels — comme les règles de sécurité —, dont l'utilisation est formelle ou non, et d'instruments informels. Cela rend compte du fait que les opérateurs se constituent des instruments qui remplissent les fonctions prévues par le concepteur mais aussi d'autres fonctions (catachrèses), et que de nouveaux instruments (informels) sont élaborés. Cet ensemble a pour caractéristiques la complémentarité et la redondance des fonctions des instruments, ce qui permet une souplesse dans l'utilisation, avec un objectif d'équilibre entre économie et efficacité (Lefort, op. cit. ; Rabardel, op. cit.).

Ce cadre sera utilisé pour analyser la mise en œuvre d'une règle de sécurité, dans une situation de simulation, dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques.

## 5 - MISE EN ÉVIDENCE D'ASPECTS DU SYSTÈME D'INSTRUMENTS D'OPÉRATEURS ÉLECTRICIENS DANS UNE SITUATION DE SIMULATION

Nous présenterons rapidement la situation de simulation (son élaboration, la tâche des opérateurs, la population). La présentation des résultats aura pour objectif de mettre en évidence des aspects du système d'instruments des opérateurs.

### 5.1. La situation de simulation

#### 5.1.1. Conception de la situation de simulation

Dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques, la mise hors tension constitue une tâche critique dans la mesure où il s'agit d'un moyen essentiel pour gérer les risques. Cette opération peut poser des problèmes à des opérateurs débutants, comme à des opérateurs expérimentés. La mise hors tension peut échouer du fait d'une erreur latente (Reason, 1993) de branchement sans que l'opérateur soit en mesure de l'identifier, ce qui constitue une cause d'accident (Vidal-Gomel, Samurçay, 2002).

La situation de simulation a été élaborée en transposant des caractéristiques de telles situations accidentogènes : 1) présence d'une erreur latente de branchement mettant en échec la mise hors tension à effectuer 2) non remise à jour des schémas du dispositif. Elle se déroule

dans une station de métro désaffectée, habituellement utilisée pour la formation.

### 5.1.2. La tâche

Les opérateurs doivent remplacer le porte-fusibles d'un panneau lumineux de sortie. Pour effectuer cette opération en toute sécurité, ils doivent mettre hors tension ce panneau en coupant un disjoncteur dans une armoire électrique (qui en contient une trentaine). La tâche est découpée en deux phases :

- Phase 1 : les opérateurs coupent le disjoncteur dont l'étiquette porte la mention «panneau de sortie» et qui est représenté comme étant le «bon» sur le schéma de l'armoire. Une fois le disjoncteur coupé, ils doivent faire une vérification d'absence de tension (règle de sécurité<sup>1</sup>). Étant donnée l'erreur de branchement créée, les opérateurs doivent identifier que le panneau de sortie est toujours sous tension.
- Phase 2 : Les opérateurs doivent ensuite élaborer une stratégie de diagnostic pour identifier le disjoncteur qui permet réellement la mise hors tension du panneau de sortie.

### 5.1.3. La population

Afin d'identifier des éléments du développement des compétences, nous avons constitué 4 groupes en fonction de leur degré et de leur champ d'expérience (tableau 1).

- Degré d'expérience : le groupe 1 est composé d'opérateurs en formation par alternance dans l'entreprise ; le groupe 2 d'opérateurs peu expérimentés dans le métier ; le groupe 3 et le groupe 4, d'opérateurs expérimentés.
- Champ de l'expérience : les opérateurs du groupe 3 ont une expérience du métier mais peu du poste de travail correspondant à la tâche proposée ; les opérateurs du groupe 4 ont à la fois une expérience du poste et du métier.

Par ailleurs, étant donné qu'il s'agit d'une situation accidentogène, un formateur professionnel est présent pour chaque simulation. Il doit veiller à la sécurité des opérateurs et éventuellement leur apporter de l'aide pour traiter le problème<sup>2</sup>.

## 5.2. Les résultats

Les résultats que nous présentons concernent l'utilisation d'une règle formelle de sécurité : la vérification d'absence de tension.

Cette règle prescrit qu'après la coupure d'un disjoncteur un contrôle d'absence de tension doit être effectué «au plus près du lieu de travail», c'est-à-dire ici sur le porte-fusibles du panneau de sortie. Dans la phase 1 (§ 5.1.2), seul ce point de contrôle est efficace pour identifier le symptôme de l'erreur de branchement : la présence de tension sur le porte-fusibles bien que le «bon» disjoncteur ait été coupé. Dans la phase 2, ce contrôle permet de tester les hypothèses des opérateurs sur le disjoncteur qui permet réellement la mise hors tension.

Nous présenterons trois instruments formés à partir de cette règle de sécurité (§ 5.2.1.) mais également deux autres instruments mis en œuvre par les opérateurs (§ 5.2.2.), en fonction du champ et du degré de leur expérience. Nous préciserons les relations de complémentarité et de substitution des fonctions des instruments observés, indicateurs de l'existence d'un système d'instruments (§ 5.2.3.). Enfin, à partir de l'analyse des systèmes d'instruments, nous soulignerons des dimensions des compétences critiques dans le

1 - D'autres règles de sécurité doivent être mises en œuvre. Nous ne présentons ici que celles dont l'usage est analysé (pour plus de détails, voir Vidal-Gomel, 2001).

2 - Nous ne présenterons pas ici l'analyse des interventions des formateurs. Elle sera intégrée aux résultats présentés (pour plus de détails, Vidal-Gomel, 2001).

**Tableau 1 :** Les opérateurs participant à la simulation

	Nombre d'opérateurs	Expérience au poste	Expérience du métier	Niveau de qualification	Statut dans l'entreprise
GROUPE 1	3 (numérotés de 1 à 3)			2e année BEP	Formation alternance
GROUPE 2	4 (numérotés de 4 à 7)	E ≤ 2 ans	E ≤ 2 ans	BEP	Agent maintenance
GROUPE 3	8 (numérotés de 8 à 15)	E ≤ 2 mois	5 ans < E ≤ 9 ans	BEP	Agent maintenance
GROUPE 4	8 (numérotés de 16 à 23)	5 ans < E ≤ 9 ans	5 ans < E ≤ 9 ans	BEP	Agent maintenance

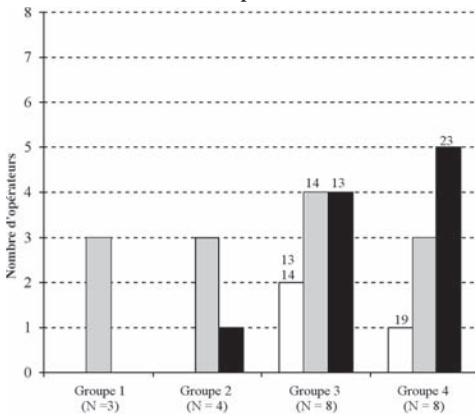
domaine (§ 5.2.4.).

### 5.2.1. Trois utilisations de la règle formelle de vérification d'absence de tension

Nous observons trois utilisations différentes de la règle formelle de vérification d'absence de tension. La première porte sur un nœud de bran-

#### Schéma 1 :

*L'utilisation de la règle de vérification d'absence de tension, en fonction du champ et du degré d'expérience*



Les opérateurs 13, 14 et 23 utilisent deux de ces instruments

VAT : vérification d'absence de tension

- VAT sur le nœud de branchement aval du disjoncteur coupé => instrument 1
- VAT sur un seul des nœuds de branchement du porte-fusibles => instrument 2
- VAT sur les deux nœuds de branchement du porte-fusibles => instrument 3

chement du disjoncteur coupé, les deux autres sont des vérifications «au plus près du lieu de travail».

a. La vérification sur un nœud de branchement du disjoncteur coupé, instrument de vérification 1

L'instrument de vérification 1 est constitué de la règle formelle comme artefact et du schème d'utilisation suivant : faire une vérification d'absence de tension sur le nœud de branchement aval du disjoncteur coupé, immédiatement après sa coupure. Nous l'observons systématiquement quand un opérateur fait l'hypothèse qu'un dis-

joncteur permet la mise hors tension du panneau de sortie, dans la phase 1 comme dans la phase 2 (§ 5.1.2.).

Cet instrument permet, d'une part, de contrôler la fonction de coupure du disjoncteur. En effet, actionner la manette d'un disjoncteur ne signifie pas que la coupure est effective. Cette fonction peut être détériorée du fait d'un court-circuit d'une trop grande intensité, par exemple. D'autre part, cet instrument permet de faire des inférences sur la structure du circuit. Ici, observer une absence de tension signifie que ce nœud de branchement n'est pas réalimenté à partir d'un branchement «pirate», constituant une erreur latente de branchement. La structure est normale.

Les fonctions de sécurité de cet instrument sont différentes de celles de la règle formelle de sécurité, qui ne prescrit qu'une vérification «au plus près du lieu de travail». Les opérateurs attribuent deux nouvelles fonctions à la règle de sécurité. Nous considérons qu'il s'agit d'une trace de genèse instrumentale. Un nouvel instrument a été constitué.

L'instrument de vérification 1 n'est utilisé que par très peu d'opérateurs (3, schéma 1). Ce sont tous des opérateurs expérimentés des groupes 3 ou 4. Il est toujours utilisé conjointement avec les instruments de vérification 2 ou 3.

b. La vérification «au plus près du lieu de travail», instruments de vérification 2 et 3

Les instruments de vérification 2 et 3 concernent la vérification «au plus près du lieu de travail», c'est-à-dire ici sur le porte-fusibles du panneau de sortie. Le porte-fusibles est relié au circuit électrique par l'intermédiaire de deux nœuds de branchement :

- Un nœud de branchement amont, qui est sous tension du fait de l'erreur de branchement créée.
- Un nœud de branchement aval, qui est hors tension du fait de la panne simulée justifiant le remplacement du porte-fusibles<sup>3</sup>.

Lors de leur première vérification les opérateurs doivent identifier que le porte-fusibles est sous tension, ce qui nécessite de réaliser la mesure sur le nœud amont. La différenciation de ces deux nœuds n'est pas aisée en situation.

- L'instrument de vérification 2 est constitué de la règle comme artefact et du schème d'utilisation suivant : effectuer une vérification

3 - Le diagnostic de panne est précisé aux opérateurs dans la consigne qui leur est donnée au début de la simulation.

d'absence de tension uniquement sur le nœud de branchement amont du porte-fusibles.

Cet instrument remplit des fonctions de sécurité identiques de celles de la règle formelle. Il permet en effet d'identifier la présence de tension et, sur cette base, de faire des inférences sur l'existence d'une erreur latente de branchement et/ou sur un dysfonctionnement de la fonction de coupure du disjoncteur. Il s'agit d'une utilisation formelle d'un artefact formel.

Cet instrument est utilisé par la majorité des opérateurs peu expérimentés des groupes 1 et 2 (6 sur 7, schéma 1) et par environ la moitié des opérateurs expérimentés des groupes 3 et 4 (7 sur 16, schéma 1). Par ailleurs, il a été utilisé par quatre opérateurs (1 de chaque groupe) qui n'ont pas été en mesure d'identifier la présence de tension sur le porte-fusibles<sup>4</sup>, symptôme de l'erreur de branchement, ce qui constitue une situation accidentogène et a donné lieu à des interventions du formateur présent.

- L'instrument de vérification 3 est constitué de la règle comme artefact et du schème d'utilisation suivant : effectuer la première vérification d'absence de tension sur les nœuds de branchement du porte-fusibles et ensuite uniquement sur le nœud amont pour les vérifications suivantes.

Cet instrument remplit toutes les fonctions de sécurité de la règle formelle et deux fonctions supplémentaires :

- Il permet d'identifier de façon sûre le nœud de branchement amont. Il constitue ainsi un moyen de se protéger d'erreur d'identification des nœuds de branchement. Il s'agit d'un moyen de gestion des risques internes au sens d'Amalberti (1996) : l'opérateur se protège de ses propres erreurs.
- Il permet d'identifier des erreurs de branchement du porte-fusibles lui-même. Une règle de métier précise qu'un porte-fusibles doit être branché en fonction de son sens d'ouverture : de haut en bas. Le haut doit être branché à l'amont du circuit et le bas à l'aval. Cet instrument permet alors de ne pas se fier uniquement à des critères visuels constitués sur la base de cette règle de métier, étant donné la possibilité qu'il existe une erreur latente de branchement du porte-fusibles.

Les opérateurs ont attribué deux nouvelles fonctions à cet artefact. Nous considérons qu'il constitue un savoir-faire de prudence étant donné que ses fonctions de sécurité sont plus étendues que celles de la règle for-

melle elle-même.

Il est majoritairement mis en œuvre par des opérateurs expérimentés des groupes 3 et 4 (schéma 1). En effet, dix opérateurs l'utilisent dont un seul opérateur peu expérimenté du groupe 2. Il semble donc se développer avec l'expérience du métier.

### **5.2.2. Des instruments de vérification complémentaires**

Les trois premiers instruments que nous avons présentés, formés à partir de la règle de sécurité comme artefact, ne sont pas les seuls mis en œuvre par les opérateurs au cours de l'activité de vérification d'absence de tension. Certains opérateurs ne coupent jamais un disjoncteur en utilisant la manette, ils utilisent le bouton test des disjoncteurs. Par ailleurs, nous observons que des opérateurs se retournent systématiquement pour regarder l'éclairage du quai quand ils actionnent un disjoncteur d'éclairage.

#### **a. L'utilisation du bouton test des disjoncteurs, instrument de vérification 4**

Dans la situation de simulation, tous les disjoncteurs sont des différentiels : ils se déclenchent dès l'apparition d'un défaut électrique sur le circuit (court-circuit par exemple). Ce bouton crée un défaut électrique qui doit produire le déclenchement du disjoncteur, donc la coupure, ce qui nécessite que le disjoncteur soit alimenté.

L'instrument formé par les opérateurs est composé par le bouton test comme artefact et par l'appui sur le bouton comme schème d'utilisation. L'objectif des opérateurs est de couper mais aussi d'obtenir des informations sur l'état de la fonction de différentiel du disjoncteur (elle fonctionne correctement ou non) et sur la structure du circuit en un point précis : les opérateurs contrôlent ainsi que le disjoncteur est bien relié au circuit, «le courant arrive bien jusque-là» comme le dit un opérateur. Cette utilisation du bouton est le résultat d'une genèse instrumentale : attribution de nouvelles fonctions à l'artefact. Les fonctions constituan-tes 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 structure du circuit en amont du disjoncteur.

4 - Cette erreur peut également être due à des difficultés d'utilisations des artefacts nécessaires pour effectuer la mesure (Vidal-Gomel, op. cit.).

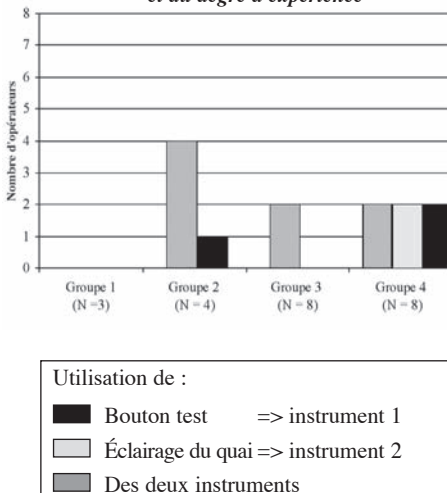
**b.** La prise d'information sur le quai, consécutive à la coupure d'un disjoncteur d'éclairage, instrument de vérification 5

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 (si la coupure est effective les néons d'éclairage doivent s'éteindre) et sur la structure du circuit en question : le disjoncteur est bien en amont de l'éclairage du quai, la structure est normale sur ce point.

À partir des travaux de Cuny (1981) sur les instruments sémiqiques, nous considérons que 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.

Contrairement aux instruments de vérification 1, 2 ou 3 qui sont utilisables dans toutes les situations de vérification d'absence de tension, l'utilisation des instruments 4 et 5 a un caractère plus «opportuniste». En effet, dans l'entreprise tous les disjoncteurs différentiels ne sont pas équipés de bouton test et l'éclairage du quai n'est utilisable que quand l'opérateur s'intéresse à un disjoncteur d'éclairage.

**Schéma 2 :**  
*Utilisation de l'éclairage du quai  
et du bouton test, en fonction du champ  
et du degré d'expérience*



La constitution de ces deux instruments «opportunistes» semble liée à la fois au degré et au champ de l'expérience des opérateurs. En effet ils ne sont utilisés par aucun des opérateurs en formation par alternance (groupe 1, schéma 2) et le sont par très peu d'opérateurs qui ont une expérience du métier et peu du poste de travail (groupe 3) : deux opérateurs utilisent les instruments 4 et 5 mais se sont les deux mêmes opérateurs, alors que tous les opérateurs du groupe 2 (expérience plus importante du poste) utilisent l'instrument de vérification 5 (éclairage du quai) et que six des opérateurs du groupe 4 (expérience du métier et du poste) utilisent soit les deux, l'un ou l'autre de ces instruments.

### **5.2.3. Éléments du système d'instruments des opérateurs**

La redondance et la complémentarité des fonctions sont deux caractéristiques des systèmes d'instruments. La mise en évidence de ces systèmes nécessite donc une analyse des fonctions des instruments mis en œuvre et des informations sur leurs conditions d'utilisation (instruments mis ensemble conjointement ou non).

Les opérateurs utilisent tous soit l'instrument de vérification 2 soit le 3. Ce sont des instruments de vérification d'absence de tension «au plus près du lieu de travail», qui ont pour fonction commune de contrôler l'atteinte du but : la réalisation effective de la mise hors tension ou non («instruments de contrôle du but», tableau 2). Comparativement à ces instruments, les instruments 1, 4 et 5 ne constituent que des instruments de contrôle locaux («instruments de contrôle local», tableau 3 et schéma 3).

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 3 est toutefois plus informatif que le 2 et constitue un savoir-faire de prudence, permettant de gérer des risques internes et externes (tableau 2). Les instruments permettant de réaliser des contrôles locaux (tableau 3) sont toujours utilisés conjointement à l'un de ces deux instruments de contrôle du but. L'examen des fonctions des cinq instruments (tableaux 2 et 3) permettent de préciser que les instruments de contrôle du but et les instruments de contrôle local ont des fonctions complémentaires et en partie

**Tableau 2 : Les instruments de contrôle du but**

<p><b>Instrument 2 :</b>          Utilisation de la règle de vérification pour effectuer un contrôle de tension uniquement sur le nœud amont du porte-fusibles.</p>	<p><b>Permet l'identification de :</b>          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.</p>
<p><b>Instrument 3 :</b>          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.</p>	<p><b>Permet l'identification de :</b>          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 :          - Différenciation des deux nœuds de branchement du porte-fusibles.</p>

**Tableau 3 : Les instruments de contrôle local**

<p><b>Instrument 1 :</b>          Utilisation de la règle de vérification pour effectuer un contrôle de tension sur le nœud de branchement aval du disjoncteur coupé.</p>	<p><b>Permet l'identification de :</b>          - Dysfonctionnement de la fonction de sectionneur du disjoncteur.          - Erreur latente de branchement : le nœud aval est réalimenté par un autre circuit (inférence sur un nœud de branchement intermédiaire).</p>
<p><b>Instrument 4 :</b>          Utilisation du bouton déclencheur du disjoncteur.</p> <p><b>Instrument 5 :</b>          Utilisation de l'éclairage du quai, lors de la coupure d'un disjoncteur d'éclairage.</p>	<p><b>Permet l'identification de :</b>          - Dysfonctionnement de la fonction de différentiel du disjoncteur.          - Erreur latente de branchement en amont du disjoncteur (inférence sur un nœud de branchement intermédiaire).</p> <p><b>Permet l'identification de :</b>          - Dysfonctionnement de la fonction de sectionneur du disjoncteur.          - Erreur latente de branchement sur le circuit de l'éclairage (inférence sur circuit éclairage concerné).</p>

redondantes : par exemple les instruments 2 et 3 permettent d'identifier un dysfonctionnement de la fonction de sectionneur du disjoncteur coupé (tableau 2), comme les instruments 1 et 5 (tableau 3).

Cette redondance des fonctions n'est que partielle. D'une part, les instruments de contrôle local 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

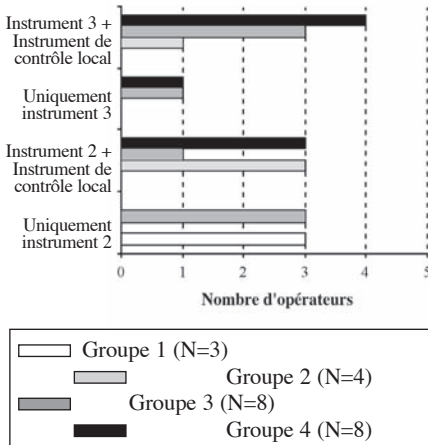
à l'autre extrémité du quai de métro. Dépendant de l'élément à mettre hors tension et de la configuration de la station de métro, la distance entre l'armoire et l'élément à mettre hors tension peut être beaucoup plus importante. Ces instruments évitent ainsi des déplacements inutiles. Ce sont donc des instruments qui, par leur intégration de dimensions techniques et sécuritaires, permettent de gérer des risques professionnels et permettent l'économie.

**5.2.4. Instruments de vérification des opérateurs et compétence critique pour gérer les risques professionnels**

À partir de l'analyse des fonctions des instruments de vérification des opérateurs, nous considérons que l'efficacité et l'efficience pour la gestion des risques réside dans la mise en œuvre d'un instrument de contrôle local et de

### Schéma 3 :

Les différents instruments utilisés en fonction du champ et du degré d'expérience des opérateurs



l'instrument 3, qui constitue un savoir-faire de prudence, ces deux éléments étant constitutifs du système d'instruments des opérateurs. Il s'agit d'une compétence critique pour la gestion des risques dans ce domaine professionnel.

Les opérateurs du groupe 1 ne disposent que de l'instrument formel, son utilisation est également formelle. Huit opérateurs mettent en œuvre l'instrument 3 considéré comme un savoir-faire de prudence et au moins un instrument de contrôle local. Nous considérons qu'ils disposent d'une compétence critique. Il s'agit majoritairement d'opérateurs expérimentés (groupe 3 et 4), mais uniquement de 50 % d'entre eux, et d'un opérateur plus «jeune» du groupe 2 (schéma 3). L'expérience est à la fois nécessaire et insuffisante pour acquérir les compétences critiques qui caractérisent l'expertise.

L'expérience au poste semble également avoir un effet sur la constitution des instruments des opérateurs. Trois opérateurs du groupe 3 n'utilisent que l'instrument de vérification 2.

L'utilisation de cet instrument unique disparaît pour les groupes 2 et 4. Par ailleurs, les instruments des opérateurs peuvent être très contextualisés, «opportunistes», dépendant des caractéristiques des situations traitées (instruments 4 et 5). En

revanche, les instruments constitués à partir de la règle de vérification d'absence de tension restent disponibles et efficaces pour toute situation de mise hors tension (instruments 1, 2 et 3). Ainsi les instruments des opérateurs du groupe 3 sont plutôt des instruments utilisables dans toutes situations de mises hors tension. Uniquement deux d'entre eux disposent d'un instrument dont l'utilisation est plus contextuelle (schéma 2). Les opérateurs du groupe 2 disposent plutôt des instruments contextuels (schémas 2 et 3). Les opérateurs du groupe 4 mettent en œuvre les deux types d'instruments, à l'élément d'un seul d'entre eux (schéma 4). Ces éléments rendent compte de l'importance de l'expérience des situations, au-delà de l'expérience du métier, pour le développement des compétences professionnelles, même si l'expérience n'est pas suffisante en soi.

L'utilisation des instruments rend également compte de l'évolution de l'objet de l'activité des opérateurs avec l'expérience. Ces instruments permettent faire des inférences sur l'état et la structure du circuit (tableaux 2 et 3). Le nombre et le type de situations «anormales» qu'ils permettent de détecter s'accroissent. L'objet de l'activité n'est alors 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. Ainsi, l'évolution des instruments utilisés et de l'objet de l'activité rendent compte du développement des compétences de l'opérateur.

## 6 - RENDRE COMPTE DU RAPPORT AUX RÈGLES DE SÉCURITÉ EN L'ANALYSANT DU POINT DE VUE DE LA CONSTITUTION D'UN SYSTÈME D'INSTRUMENTS : QUELS APPORTS ?

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

Les instruments constitués par les opérateurs ne sont pas isolés, ils forment un système, qui offre aussi bien des moyens complémentaires de gestion des risques que des moyens redondants. Ce système est de nature hétérogène : il peut être composé d'instruments symboliques (règle

de vérification d'absence de tension) et d'instruments matériels (utilisation du bouton test des disjoncteurs, par exemple) et/ou d'instruments sémiotiques (utilisation de l'éclairage du quai). Cette hétérogénéité rend compte de la diversité des moyens mobilisés pour gérer les risques professionnels par les opérateurs. Il s'agit aussi bien d'artefacts dont la valeur fonctionnelle est stable, que d'artefacts sélectionnés dans l'environnement, dont la valeur fonctionnelle est située, contextuelle. Leur utilisation serait liée à leur disponibilité : bouton déclencheur des disjoncteurs, éclairage du quai. Mais la disponibilité n'est pas le seul critère. Le développement d'instruments informels s'appuie aussi sur l'intégration des aspects techniques et sécuritaires, sur la multifonctionnalité, et les contraintes d'utilisation et de fonctionnement (Vidal-Gomel, op. cit.).

Le système d'instruments des opérateurs s'enrichit avec l'acquisition de l'expérience du métier et du poste de travail. Analyser le rapport aux règles de sécurité à partir du cadre des activités avec instruments et de la notion de système d'instruments permet de réinscrire ce rapport dans une perspective développementale et de proposer une analyse fonctionnelle des instruments mis en œuvre. D'une part, l'expérience est en soi insuffisante pour élaborer les instruments fonctionnellement les plus efficaces et, d'autre part, les instruments des opérateurs ne remplissent pas toujours toutes les fonctions de sécurité des règles. Les fonctions de sécurité des règles ne semblent pas toujours intégrées par les opérateurs, ce qui renvoie à la conceptualisation du domaine professionnel (Mayen, Savoyant, 1999).

Par exemple, les instruments de vérification que nous avons présentés sont articulés à deux concepts pragmatiques (Samurçay, Pastré, 1995 ; Pastré, 1997, 1999 ; Samurçay, 2000) : la continuité et le sens de distribution de l'énergie (Vidal-Gomel, 2001 ; Vidal-Gomel, Samurçay, 2002).

- La «continuité» est une propriété des réseaux électriques : les réseaux électriques sont continus. Rompre la continuité, c'est mettre hors tension une portion du réseau.
- Le «sens de distribution de l'énergie» rend compte de l'ordre des éléments dans un réseau. Couper (en aval), c'est donc rompre la continuité en amont.

Ils sont articulés aux instruments de vérification. Par exemple, l'identification de la présence de tension sur le porte-fusibles après avoir coupé le disjoncteur qui est sensé être le bon permet de faire des inférences sur la structure du circuit

: le disjoncteur coupé n'est pas en amont du porte-fusibles (sens de distribution de l'énergie) et n'est pas dans une relation de continuité, ce qui conduit à faire l'inférence de l'existence d'une erreur de branchement. Ces deux concepts sont mobilisés par les opérateurs pour se représenter la structure des circuits électriques de l'amont vers l'aval. Tous les opérateurs participant à la simulation mettent en œuvre un instruments de vérification «au plus près du lieu de travail». Ils semblent tous avoir intégré la nécessité des fonctions de cette règle formelle.

Prendre en compte le développement du système d'instruments des opérateurs nous semble devoir être articulé à la conceptualisation du domaine professionnel.

## **7 - QUELLES LA FORMATION À LA GESTION DES RISQUES PROFESSIONNELS ?**

En général, les formations à la prévention des risques professionnels, en entreprise comme dans le cadre scolaire, sont des formations technico-réglementaires, dont le contenu est centré sur les dangers de l'électricité, et les règles de sécurité. Le point de vue sous-jacent est que les règles de sécurité doivent être appliquées car elles constituent le moyen le plus efficace pour gérer les risques, ce qui contredit un point de vue développemental du rapport aux règles de sécurité et la prise en compte de la diversité des moyens mis en œuvre par les opérateurs pour gérer les risques. Concernant les métiers de l'électricité, ces formations ont en outre pour caractéristique de déconnecter les aspects techniques du métier et les aspects sécuritaires, bien qu'ils soient intégrés dans l'activité en situation.

Plusieurs dispositifs de formation sont envisageables, d'une part, des mises en situation peuvent être proposées aux opérateurs, d'autre part, les formations peuvent prendre appui sur les communautés professionnelles.

- Les situations de simulation présentent de nombreux avantages. Elles sont organisées en trois temps (Pastré, 1997) : transmission de connaissances (briefing), réalisation de l'activité avec le guidage du formateur, retour réflexif sur l'activité avec le guidage du formateur (debriefing). Elles s'appuient, d'une part, sur la médiation par les situations et peuvent être conçues dans un objectif de formation, ce qui n'est pas le cas des situations réelles de travail et, d'autre part, sur la médiation par le formateur. Elles peuvent favoriser la conceptualisation du domaine professionnel et constituer un moyen pour mettre en évidence les

limites des instruments des opérateurs, en fonction des caractéristiques des situations simulées.

• Les communautés professionnelles constituent également un support du développement des compétences. Par exemple, Mhamdi (1998) a montré que des débats organisés au sein de la communauté de travail avec comme support le film de l'activité d'un opérateur en situation peuvent conduire à modifier des artefacts matériels destinés à la sécurité ou à diffuser des savoir-faire de prudence. Cette organisation de débats collectifs peut alors constituer un dispositif de formation des opérateurs. Par exemple, peu d'opérateurs ayant une expérience du métier et du poste de travail sont en mesure d'utiliser des instruments de vérification très contextualisés. Une partie des opérateurs ne disposent pas de l'instrument de vérification d'absence de tension le plus efficace.

Ces deux types de dispositifs de formation peuvent être mis en place conjointement. Par ailleurs, ils n'excluent pas les formations technico-réglementaires : d'une part, connaître les règles de sécurité est une nécessité et une obligation légale, d'autre part, les utilisations formelles des règles de sécurité sont les seuls instruments des opérateurs débutants ou en formation. Mais des dispositifs de formation intégrant mieux les pratiques efficaces des opérateurs permet aussi de réinterroger les règles de sécurité, de donner l'occasion d'exprimer des difficultés de leur mise en œuvre en situation réelle et de donner l'occasion à des instruments plus efficaces d'être mieux partagés, voire élaborés par les opérateurs, ce qui constitue une rupture avec une vision de l'opérateur comme appliquant des règles de sécurité, qui seraient le seul instrument efficace dont ils disposent.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMALBERTI R. (1996). *La conduite des systèmes à risques*. PUF, Paris.
- CLOT Y. (1997). Le problème des catachrèses en psychologie du travail : un cadre d'analyse. *Le travail humain*, 60,2, pp. 113-129.
- CRU D. (1995). *Règles de métier, langue de métier : dimension symbolique au travail et démarche participative de prévention. Le cas du bâtiment et des travaux publics*. Mémoire, EPHE, Paris.
- CUNY X. (1981). *La fonction sémiotique dans le travail. L'élaboration et l'utilisation de systèmes non verbaux chez l'adulte*. Doctorat D'état es Lettres et Sciences Humaines, Université de Bordeaux II.
- DAVEZIES P. (1993). Éléments de psychodynamique du travail. *Éducation permanente*, n° 116, pp. 33-46.
- DEJOURS C. (1987). Approche du risque par la psychopathologie du travail. In *La société vulnérable*, eds J.-L. Fabiani, J. Theys. Presses de l'école normale supérieure, Paris, pp. 225-230.
- DODIER N. (1996). Ce que provoquent les infractions. In *La transgression des règles au travail*, eds J. Girin et M. Grosjean. Collection Langage et Travail, L'Harmattan, Paris, pp. 11-37.
- GAUDART C., WEILL-FASSINA A. (1999). L'évolution des compétences au cours de la vie professionnelle : une approche ergonomique. *Formation emploi*, 67, pp. 47-62.
- HALE A. R., SWUSTE P. (1998). Safety rules : procedural freedom or action constraint ? *Safety Science*, n° 29, pp. 163-177.
- LEFORT B. (1982). L'emploi des outils au cours de tâches d'entretien et la loi ZIFP-Mendelbrot. *Le Travail Humain*, 45, 2, pp. 307-316.
- LEPLAT J. (1997). *Regards sur l'activité en situation de travail. Contribution à la psychologie ergonomique*. PUF, Paris.
- LEPLAT J. (1998). About implementation of safety rules. *Safety Science*, 29, pp. 189-204.
- MAYEN P., SAVOYANT A. (1999). Application de procédures et compétences. *Formation Emploi*, 67, pp. 77-92.
- MHAMDI A. (1998). *Les activités de réflexion collective assistées par vidéo : un outil pour la prévention*. Thèse d'ergonomie, CNAM, Paris.
- MINGUY J.-L. (1997). Concevoir dans le sillage de l'utilisateur. *International journal of design and innovation research*, 10, pp. 59-78.
- PASTRÉ P. (1997). Didactique professionnelle et développement. *Psychologie française*, 42, 1, pp. 89-100.
- PASTRÉ P. (1999). La conceptualisation dans l'action : bilan et nouvelles perspectives. *Éducation permanente*, 139, pp. 13-35.
- RABARDEL P. (1995). *Les hommes et les technologies. Approches cognitives des instruments contemporains*. A. Colin, Paris.
- RABARDEL P., BOURMAUD G. (sous presse). From computer to instrument systems: a developmental perspective. *Interacting with computer*.
- REASON J. (1993). *L'erreur humaine*. PUF, Paris (1ère édition : 1990 ; traduction : J.-M. Hoc).
- REASON J., PARKER D., LAWTON R. (1998). Organizational Controls and Safety : The varieties of rule related behavior. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 71, pp. 289-304.
- ROUSSEAU C., MONTEAU M. (1991). *La fonction de prévention chez l'opérateur. Mise en évidence de conduites sécuritaires au cours d'une activité de chantier*. Rapport 88, INRS, Paris.
- SAMURÇAY R. (2000). Training and development of expertise in dynamic environment supervision. *Proceedings of the IEA 2000/HFES 2000 Congress : Cognitive ergonomics, computers, and communications*, 1, CA: HFES, Santa Monica, pp. 169-173.
- SAMURÇAY R., PASTRÉ P. (1995). La conceptualisation des situations de travail dans la formation des compétences. *Éducation permanente*, 123, pp. 13-31.
- VIDAL-GOMEL C. (2001). *Le développement des compétences pour la gestion des risques professionnels. Le domaine de la maintenance des systèmes électriques*. Thèse de psychologie ergonomique. Université Paris-VIII - Saint-Denis (en ligne : <http://ergoserv.psy.univ-paris8.fr>).
- VIDAL-GOMEL C., SAMURÇAY R. (2002). Qualitative analysis of accidents and incidents to identify competencies. The electrical maintenance system case. *Safety science*, 40, 6, pp. 479-500.
- WRIGHT, P., MC CATHY (sous presse). An Analysis of Procedure Following as Concerned Work. In E. Hollnagel (Eds.), *Handbook of Cognitive Task Design*. Elsevier.

*Ce travail a été réalisé avec le concours de l'INRS, de la RATP et d'EDF*