

CONDUITES À RISQUES : VERS UN MODÈLE DE L'OPÉRATEUR ÉCARTELÉ ENTRE SÛRETÉ ET PRODUCTIVITÉ

UNSAFE BEHAVIORS : TOWARDS AN OPERATOR'S MODEL SPLITTED BETWEEN SAFETY AND PRODUCTIVITY

LETZKUS Pierre

p.letzkus@axilya.fr

AXILYA

545 Rue Pierre Berthier

13856 AIX EN PROVENCE CEDEX 3

Résumé

De nombreux rapports d'incidents ou d'événements significatifs dans l'industrie nucléaire mettent en cause le comportement des individus. Souvent traduits sous la forme d'un non-respect des procédures, d'une mauvaise préparation de l'activité ou d'une trop grande confiance dans les systèmes, ces rapports prennent souvent mal en compte les aspects motivationnels à l'origine de ces conduites. Il est ainsi bien souvent mis en avant une conduite des opérateurs en contradiction avec la sûreté. Les observations classiquement réalisées en ergonomie, en psychologie ou en sociologie rapportent que les individus peuvent tout mettre en œuvre pour réaliser un objectif opérationnel. Mais si celui-ci n'est pas aisément réalisable, ils feront en sorte de s'assurer, par un compromis, un certain confort opérationnel au détriment de leur propre sécurité. Cette apparente double logique de comportement nous a conduit à modéliser qualitativement l'activité humaine. Il décrit comment les individus en viennent à ne pas respecter les règles, pour atteindre des objectifs opérationnels ou individuels qui souvent se confondent. Il apporte un nouvel éclairage sur les conduites dites « *risk seeking* » et « *risk averse* » qui vont au-delà de la confiance que porte l'opérateur dans sa tâche ou ses activités routinières.

Summary

Many incidents reports and significant events in the nuclear industry implicate individual behaviors. Often reported as a failure in the application of procedures, a lack in the preparation of the activity or a blindly trust in the systems, those reports do not really take into account the motivation, source of those behaviors. Thus, operator's behaviors are often brought up in opposition with the safety. Classical observations in ergonomics, psychology or sociology report that people can do anything to reach the operational goal. Even if it is hard to achieve, they will try to compromise an operational convenience to the detriment of their own safety. This apparent double logical behavior led us to qualitatively model the human activity. It describes how do people get to not respect the rules, in order to reach the operational or individual goals, which often merge. It brings a new sight on « *risk seeking* » and « *risk averse* » behaviors, which get beyond the proper operator trust in his own task or routine duties.

Introduction

Les analyses consécutives à des incidents ou à des événements significatifs dans le domaine nucléaire mettent régulièrement en avant des causes humaines. Elles abordent des thèmes tels que des manquements au respect des règles ou des procédures, dans la planification de l'activité ou encore de la trop grande confiance que portent les opérateurs dans les systèmes qu'ils pilotent.

On constate généralement que ces rapports ne prennent suffisamment pas en compte, les motivations qui ont poussé les individus à agir de la sorte. Ces rapports s'appuient sur des arbres des causes qui limitent leurs analyses aux faits constatables afin de démontrer que l'enchaînement de certaines actions peuvent transgresser des règles de sûreté ou de sécurité. Or, toute transgression ne se fait pas arbitrairement mais possède une finalité se caractérisant par une modification de l'application des règles en réponse à une contrainte. Les opérateurs changent leur organisation du travail à différents niveaux pour faire face aux situations critiques [1]. Ainsi, ils développent des activités de compensation lorsque le système qu'ils pilotent fonctionne en mode dégradé. Ils élaborent un référentiel commun pour gérer collectivement les incidents, anticipent les perturbations (grâce à leur expérience) pour gérer les risques et appliquent les règles de sécurité en les intégrant progressivement aux autres contraintes de l'activité [2].

Les opérateurs gèrent donc leurs conditions de travail, et peuvent être capables ou non de compenser les astreintes subies. Lorsqu'ils n'arrivent pas à compenser, l'incident ou l'accident se produit, et c'est sur ce type de situation que se focalisent les analyses, et non sur les autres fois où tout c'est bien déroulé, ce qui aurait pu alors constituer un retour d'expérience positif.

La façon par laquelle les opérateurs gèrent leurs conditions de travail présente une grande variabilité. Les conduites observées montrent différentes logiques de hiérarchisation des priorités en cas de contraintes. Elles peuvent revêtir l'apparence d'une

recherche de compromis entre la réalisation et le coût [1] [8], d'une volonté d'atteindre un objectif opérationnel au détriment de sa sécurité [7] ou de la sûreté des systèmes [5]. De telles conduites montrent donc qu'il existe une diversité de stratégies, qui se retrouvent chez le même individu [7] et posent la question des raisons à de tels changements.

La transgression des règles dans l'activité

La thématique de la transgression des règles au cours de l'activité est le moyen qui permet d'aborder directement la question du changement de comportement des opérateurs. Pour bien comprendre cette thématique, il convient en premier lieu de considérer, de façon systémique, les éléments qui composent le travail (opérateur, tâche, activité) et leurs rétroactions, définissant le cadre de l'analyse de l'activité [1] :

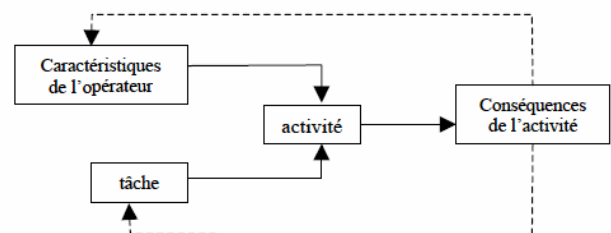


Figure 1 : Les quatre groupes d'éléments essentiels à considérer dans une analyse du travail (d'après Leplat, 1985).

Cette approche systémique présente les rétroactions des conséquences de l'activité, dont les effets sur la tâche et l'opérateur la modifieront de nouveau. Ainsi, les causes d'apparition de dérives dans l'activité s'expliquent par ces boucles de rétroaction (en pointillé la figure 1). Ce modèle a par la suite été développé plus largement afin de présenter les déterminants à l'origine des écarts entre tâche et activité, et les conséquences en retour sur l'entreprise et les opérateurs. Ce modèle constitue la pierre angulaire de toute démarche ergonomique :

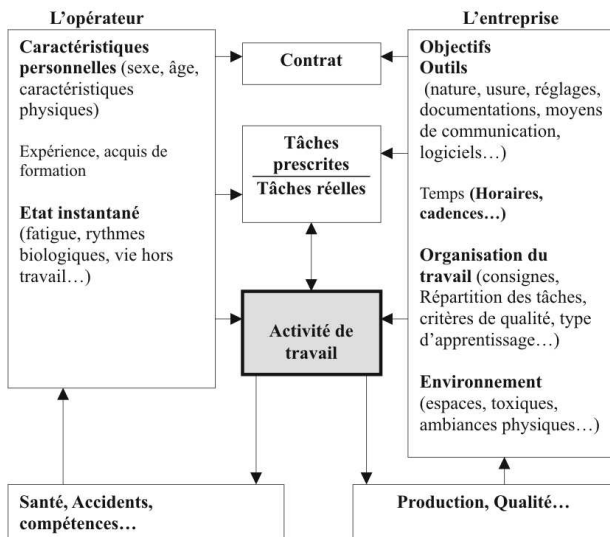


Figure 2 : Schéma de l'analyse de la situation de travail (d'après Guérin & al. [13])

La finalité des transgressions

Nous avons évoqué que les études de situations de travail rapportent régulièrement que les opérateurs adoptent des comportements à risques, informels, « *moins sûr mais également moins coûteux (en temps et en efforts) que le comportement formel (modes opératoires prescrits)* » [10]. Ainsi, les observations réalisées en ergonomie, en psychologie ou en sociologie, montrent que les individus peuvent tout mettre en œuvre pour atteindre un *objectif opérationnel*. Mais si sa réalisation rencontre des obstacles ou pose des contraintes, ils les réduiront afin de s'assurer un certain *confort opératoire* au risque de porter atteinte à leur propre *sécurité* [7], comme l'illustre l'exemple suivant :

Irradiation d'un opérateur

Cet incident a eu lieu sur une installation (pile d'essais) destinée à tester les éléments constituant les coeurs de futurs réacteurs.

Un opérateur avait pour tâche, avant de partir en week-end prolongé, de retirer d'un dispositif d'essai les éléments constituant un futur coeur de réacteur. Pressé de terminer son travail, il retire à la main (ce qui est la procédure normale) les éléments neutrophages sans en respecter la vitesse d'extraction, comme l'exigent les règles de sûreté. Son travail terminé il quitte son poste.

C'est en sortant du centre que l'irradiation, qu'il a reçue pendant son travail, a été détectée sur sa montre et son collier. Les balises de détection sur son lieu de travail ne s'étaient pas déclenchées. Seules les balises générales à la sortie du centre ont été en mesure de détecter la faible dose d'irradiation reçue sur les éléments métalliques que portait l'opérateur (montre et collier).

(Cas rapporté oralement par un ingénieur sur un ancien incident)

Cet exemple, tiré du nucléaire, possède bien des équivalents dans d'autres métiers. Cependant, il ne peut être affirmé aussi catégoriquement que les individus prennent des risques de façon inconsidérée. Bien au contraire, un risque est toujours pris en connaissance de causes ou bien par ignorance. Par exemple, on peut observer dans la conduite d'un procédé, des disparités de performance et d'attitudes entre experts et novices. Les *opérateurs novices*, font en sorte de respecter les limites de fonctionnement des systèmes au détriment de la productivité, à l'inverse des *experts* qui recherchent en priorité l'efficacité [6]. D'autre part, tout opérateur acquiert avec le temps une expertise, et avec elle une confiance dans ses aptitudes et le système qu'il conduit. La construction de

l'expertise est le moyen pour l'appareil cognitif humain de contourner ses propres limitations. En automatisant les processus répétitifs gourmands en ressources attentionnelles, le système cognitif peut par la suite allouer aux situations qui ne nécessitent (le raisonnement causal étant par exemple un des plus coûteux [5]), les ressources disponibles et nécessaires pour en assurer le traitement. L'expertise permet alors, au fur et à mesure de son acquisition, de recourir à un savoir-faire permettant d'obtenir pour un effort minimal, la réalisation optimale d'une tâche. L'individu concerné prend alors des risques dont il a conscience, et surtout, dont il sait pouvoir en maîtriser les conséquences [3] :

Intervention sur du matériel électrique

A la suite d'une intervention d'électriciens sur les pompes primaires d'un réacteur, l'équipe de conduite en quart pour le week-end doit réaliser un essai de production de puissance.

L'équipe configure l'installation, et monte progressivement en puissance. Lorsqu'il s'agit de faire passer les pompes primaires du régime petite vitesse à grande vitesse, celles-ci disjonctent. Remises en service, et remontées en grande vitesse, elles disjonctent à nouveau.

Le chef de quart en fait état à l'ingénieur de permanence. Il est décidé de passer directement un appel téléphonique au domicile du Responsable de Secteur électricité pour lui faire part du problème.

Celui-ci répond que le travail n'a pas encore été validé, et qu'une sécurité a été mise en place dans un tableau pour éviter le passage à grande vitesse des pompes. Il lui est fait cas de la nécessité de réaliser l'exercice de production de puissance pendant le week-end. Il donne alors son accord pour qu'un opérateur aille dans le tableau électrique concerné, et explique par téléphone la procédure à suivre pour désactiver la sécurité.

L'action est réalisée par un opérateur qui, d'après l'ingénieur de permanence, n'avait pas l'habilitation nécessaire pour intervenir sur le tableau.

Le réacteur est remonté en puissance, et les pompes furent passées en Grande Vitesse, cette fois-ci sans disjoncter. L'exercice a pu alors se faire, sans autre incident.

(Cas rapporté par un ancien Ingénieur de Permanence)

Ces logiques poussent les opérateurs dans des situations conflictuelles [7]. Dans le cas d'un compromis, la recherche d'équilibre aura pour conséquence un résultat non optimal. Il ira même à dégrader un objectif pour améliorer la satisfaction d'un autre. La logique du compromis peut donc ici se comparer à une mise en balance. Dans le cadre d'une installation à risques, comme le nucléaire, la mise en balance des objectifs de sûreté avec ceux de la productivité ou de la maintenabilité, ne peut être acceptée, en particulier pour les autorités de sûreté. C'est par exemple la constatation du dépassement des limites d'insertion des barres de contrôles dans les installations d'EDF qui a été relevée par les autorités de sûreté :

Respect des limites d'insertion des barres de contrôles des Réacteurs à Eau Pressurisée

Les réacteurs à eau pressurisée, sont pilotés par des barres de contrôle. Le Bore est un composant chimique que l'on injecte dans le circuit d'eau baignant le coeur pour réduire de façon globale la réactivité. Les barres ne sont pas manoeuvrables indépendamment les unes des autres, ce qui rend le pilotage du coeur très sûr mais pas très efficace.

Pour permettre plus de finesse dans le pilotage des coeurs, les barres ont été divisées en deux groupes. Le premier groupe de barres de contrôle (groupe R) conserve ses propriétés d'absorption, et l'autre groupe de contrôle (groupe G) a une capacité d'absorption réduite. Le groupe G permet une gestion plus fine, mais ses caractéristiques amenuisent la marge d'anti-réactivité disponible en cas d'incident. Cela implique une

modification des règles de conduite, sur la base d'études de sûreté : dans la conduite normale, les barres du groupe R ne doivent pas s'insérer dans le cœur en dessous d'un certain seuil afin de conserver une marge d'anti-réactivité suffisante en cas d'urgence. L'injection de bore doit venir en renfort du contrôle de la réactivité pour éviter d'insérer trop profondément les barres de contrôle, notamment en cours de variation de puissance.

Les rapports d'incidents d'EDF (CRESS) ont fait état des dépassements de ces limites d'insertions. Les raisons sont multiples. Par exemple, l'injection de bore dans le circuit primaire du réacteur est une manœuvre qui demande du temps. En particulier lorsque pour regagner de la réactivité, il faut réduire la concentration en bore dans le fluide primaire. On réalise cela en remplaçant l'eau du circuit primaire par de l'eau « claire ». Cette manœuvre longue et coûteuse en traitement des effluents, nécessite que les bâches à effluents puissent encore recevoir le fluide primaire rejeté. Pour éviter d'avoir à procéder ainsi, et anticiper d'autres phénomènes physiques, les équipes de conduite font alors le choix de dépasser les limites d'insertion. Or en procédant ainsi, elles sortent du cadre réglementaire d'exploitation. Les opérateurs opposent des objectifs de divers, comme des objectifs professionnels d'économie (par rapport au coût de traitement des effluents) ou de production et parfois des objectifs personnels de « confort de conduite » à l'objectif de sûreté de l'installation. Ces objectifs de confort de conduite tentent donc de réduire le coût « opérationnel » que causeraient les opérations de borication / dilution par rapport à celui d'une insertion des barres de contrôle un peu plus profonde que d'habitude, mais pour une durée déterminée.

Source : Comptes Rendus d'Événements Significatifs (CRESS) d'EDF. Fin 1995, la DSIN estimait l'occurrence de cet "incident volontaire" à plus d'une centaine.

Problématique : Deux logiques de gestion de l'activité en compétition ?

Les situations observées montrent que pour gérer des situations, les individus peuvent suivre des logiques dont les conséquences peuvent être des conduites mettant en compétition la productivité avec la sécurité ou la sûreté :

- 1) Soit elles consistent à rechercher le meilleur compromis possible entre les différents objectifs, pour satisfaire une recherche d'économie dans la gestion et la réalisation d'une action,
- 2) Soit elles procèdent d'une hiérarchisation où en premier la productivité est satisfaite au détriment des autres objectifs, et si elle ne peut l'être, c'est la simplification des contraintes de la tâche qui passe alors en priorité devant la propre sécurité de l'individu.

L'existence de ces deux logiques pose ici un problème : comment et pourquoi passerait-on d'une logique de gestion de l'activité qui s'oriente naturellement vers la recherche d'un équilibre coût/rentabilité, à une autre plus radicale faisant appel à une mobilisation plus large des ressources. S'agit-il d'une seule logique de conduite ou de deux logiques s'activant selon l'évolution des besoins de la tâche ? Dans pareil cas, quels seraient les critères de choix, d'arrêt ou de réorientation entre ces stratégies ?

Cadre théorique

Pour tenter de répondre à ces questions, nous avons eu recours à des modèles de prise de décision [4], de description de l'activité [8] de gestion de situations dynamiques [3], et la prise en compte des aspects conatifs qui présentent toujours des difficultés de quantification. Par ces modèles et notre recherche, nous pensons pouvoir proposer un modèle unique, qui résume la gestion de l'activité en même temps qu'il apporte une réponse à notre question de l'existence d'une double logique de gestion.

La décision erronée

Le premier modèle est celui de la décision erronée de Reason. Ce modèle présente une mise en balance entre deux objectifs

(sécurité et production) pour lesquels des ressources doivent être attribuées. Cependant, cette attribution va être conditionnée par le « retour sur investissement » (boucles de rétroactions) que vont apporter ces objectifs. Or les rétroactions ne peuvent être équitablement comparées car leurs modes d'évaluation sont différents. Les décideurs prennent alors en compte les rétroactions pour établir leurs choix, que Reason qualifie de « décisions erronées ». En effet, les investissements concédés à la sûreté vont dans le sens d'une réduction des incidents ou de blessures pour le personnel. C'est donc une réussite qui ne se remarque pas. Par contre, les efforts consentis à l'amélioration de la production présentent un retour bien plus aisément quantifiable, comme la réduction des coûts de production et l'augmentation des marges bénéficiaires. En conséquence, les décideurs auront tendance à choisir les options qui leur permettront d'obtenir des résultats « quantifiables », privilégiant le court terme au long terme.

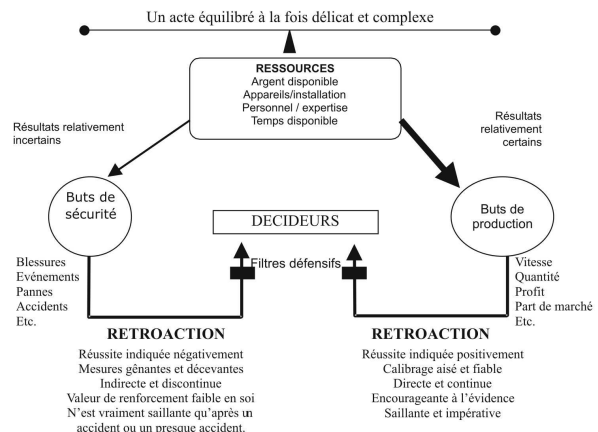


Figure 3 : Le modèle de la décision erronée (Reason, 1990)

Le modèle de Reason présente en conséquence la décision comme étant la recherche d'un équilibre, visant un compromis acceptable pour les différents objectifs. Mais des facteurs aggravant (les rétroactions) vont biaiser la décision en focalisant l'attention sur un objectif particulier, lui donnant de fait la priorité (exemple de la productivité).

La décision en environnement dynamique

Le second modèle que nous avons retenu est une évolution notable du modèle de l'échelle double de Rasmussen. Dans ce modèle, la résolution d'une situation est initiée par une phase de détection de conditions anormales. Pour résoudre la situation, les opérateurs emploient des stratégies de résolutions variant en fonction de la familiarité avec l'environnement ou de la tâche, allant de la moins coûteuse et la plus rapide à la plus coûteuse et la moins rapide : le recours aux habiletés (skills), l'emploi de règles (rules) ou la régulation par les connaissances déclaratives (knowledge). Au fur et à mesure que l'expertise augmente, les mécanismes du contrôle cognitif s'effectuent du niveau basé sur des connaissances déclaratives vers le niveau de contrôle automatique.

Les trois niveaux fonctionnent en parallèle. Cependant, le modèle décrit l'activité de travail sans prendre en compte les limitations cognitives des individus, en particulier la quantité d'informations qui peuvent être prises en compte pour une simulation mentale ou encore le coût cognitif et temporel que représente l'élaboration d'une chaîne causale. Il ne prend pas non plus en compte les attentes des opérateurs en retour de leurs actions, ce qui rend ce modèle trop réactif aux événements alors que majoritairement, les individus en situations dynamiques sont pro-actifs [8].

C'est à partir de ces critiques que Hoc et Amalberti [8] proposent une évolution de ce modèle. Ils y introduisent des mécanismes de réactualisation de la représentation mentale de la situation pour enlever au modèle son caractère séquentiel, et introduisent 3 boucles de régulation en lien avec la dimension temporelle de la tâche.

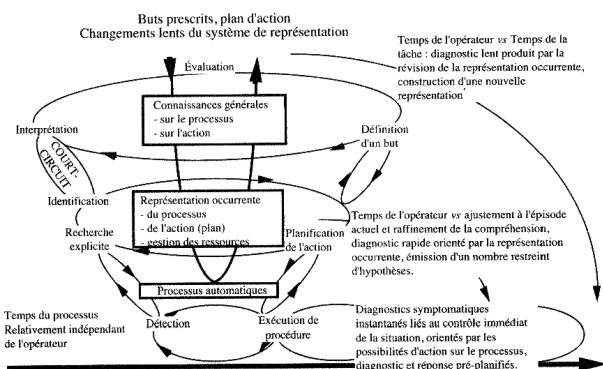


Figure 4 : Le modèle de la décision en environnement dynamique (tiré de Hoc & Amalberti, 1994)

La *première boucle* est en lien direct avec la tâche, c'est une boucle à court terme basée sur la représentation de la situation et met en œuvre, si besoin est, des actions sur le processus automatisés ou pré-planifiés. La *seconde boucle* concerne la vision à moyen terme du process. Elle concerne la compréhension et l'ajustement de l'opérateur à l'activité en cours, avec des diagnostics destinés à supporter l'activité de la première boucle. Enfin, la *troisième boucle* a un rôle de régulation entre l'activité de l'opérateur et la tâche qui lui est assignée. Elle sert à réactualiser la représentation occurrente, construire des représentations sur les actions à venir, et fait plus largement appel aux connaissances générales.

Cette réactualisation du modèle de Rasmussen complète la notion de l'évolution des représentations et des modalités de gestion de situations critiques [2]. Cette notion de représentation repose sur deux processus d'équilibrage, à court terme (contrôler la situation) et à long terme (diagnostiquer le processus) dont le *but* reste un contrôle procédural de l'activité. Le contrôle de la situation à court terme peut en partie expliquer la logique d'une recherche de satisfaction des objectifs opérationnels. En effet ces derniers demandent que des interventions soit réalisées dans les délais imposés par la dynamique de la situation, pouvant nécessiter des actions rapides avec un court délai de réflexion. Le déroulement de l'activité se fait donc au moyen d'une régulation de l'activité à court terme, mais *guidée* par une vision de plus haut niveau, employant l'anticipation pour maintenir le cap de l'activité vers le ou les *but*s opérationnels et individuels fixés. Un des buts individuels étant le maintien de la charge globale de l'activité à un niveau inférieur à la capacité limite, pour éviter toute dégradation de la performance [11].

La gestion du compromis cognitif

Enfin, le troisième modèle retenu, aborde la gestion du compromis cognitif en environnements dynamiques [3]. L'activité humaine en situation opérationnelle tend naturellement vers des modes de résolution d'autant moins coûteux qu'il y aura, d'un point de vue cognitif, de paramètres à intégrer dans le cours de l'activité (acquisition de données, travail en équipe...). La limitation des capacités cognitive est modulée par l'emploi de stratégies ou d'heuristiques issues de la pratique et de la recherche d'une régulation de l'activité (réduction de la pénibilité au travail). La conduite classique est celle d'une recherche de l'économie, tant physique que cognitive. Elle prend la forme d'une recherche du compromis permettant un rendement acceptable pour un effort minimal et un risque contrôlé : « *l'opérateur préfère - dans les cas qu'il sait sans graves conséquences potentielles - accepter de commettre des erreurs en les détectant après coup et bénéficier d'un fonctionnement basé sur les habitudes, plutôt que de devoir utiliser un fonctionnement basé sur les règles, extrêmement contrôlé, lent, coûteux en ressources et fatigant.* » ([8] pp. 193-194).

Dimensions cognitives et conatives dans l'activité

La seule prise en compte des facteurs environnementaux de la tâche, des caractéristiques physiques et intellectuelles de

l'opérateur ne sont pas suffisantes pour comprendre son comportement. Les modèles de la décision ont à ce sujet longtemps évolué à cause du problème que présente la dimension conative, c'est-à-dire émotionnelle, dans l'activité. L'écartement de cet aspect dans les modèles cognitifs ou probabiliste ne les rend pas faux pour autant. Mais ils perdent en partie leur validité lorsqu'il s'agit d'évaluer les performances d'un individu comparé à un autre, en particulier lorsqu'il s'agit de considérer les effets du stress.

Par exemple, les effets du stress ont été abordés à travers le processus de framing par Stokes et Kite (1994). Ces auteurs reprennent la notion de *frame*, c'est-à-dire des structures de connaissance permettant à l'individu de s'orienter dans la compréhension de la situation, pour présenter un modèle d'évaluation de situation se faisant en deux étapes. La première revient à évaluer cognitivement une situation en identifiant les objectifs à atteindre, des alternatives et les évolutions possibles. La seconde fait intervenir cette fois une estimation « affective » de la situation, s'attachant à identifier les risques et à fixer un seuil destiné à évaluer si les exigences de la situation ne vont pas au-delà des capacités cognitives nécessaires à la traiter. Ce seuil de référence sert à identifier le niveau de stress et les risques que le sujet est prêt à affronter, et fournit les critères pour évaluer la faisabilité des objectifs et des alternatives développées dans la première étape du framing. Les résultats ont montré que deux opérateurs face à la même situation, vont percevoir les mêmes évolutions possibles, mais un *framing affectif* différent sera déterminant pour les différencier dans l'évaluation des risques sous-jacents des choix possibles.

Méthode et démarche de recherche

La méthode suivie pour comprendre l'émergence de mécanismes des stratégies de régulation s'est déroulé en 2 étapes :

- La constitution d'une base de cas d'incidents ayant des causes humaines identifiées. Cette base sert à concevoir une première catégorisation d'indicateurs destinée à orienter notre choix vers un premier modèle parmi ceux existants,
- Une observation de l'activité se réalisant en deux étapes. L'une se basant sur des observations de terrain, des entretiens, l'autre sur l'analyse d'enregistrements vidéos de situations incidentelles sur simulateur de sous-marin nucléaire [9][12].

La base de cas

Quarante cas ont été rassemblés à partir de rapports d'incidents réalisés par l'Autorité de Sûreté Nucléaire, d'entretiens avec des opérateurs, des instructeurs de la marine nationale, et des articles tirés de revues spécialisées. Leur sélection a été faite sur la base identifiable d'une implication humaine dans des incidents. Il s'agit donc d'une base présentant un retour d'expérience incidentel/accidentel, et donc ne montre pas la capacité des opérateurs à gérer efficacement d'autres situations pouvant avoir été aussi critiques mais sans conséquences.

L'observations de l'activité

Observations de l'activité sur une installation nucléaire de base

Les observations de l'activité ont été réalisées sur une installation nucléaires de base du CEA. Elles ont consisté :

- à observer des opérateurs participant à une séance d'entraînement au déchargement d'un faux container de matières nucléaires (château),
- à observer des manœuvres destinées à l'extraction de matières nucléaires d'un véritable château et leur entreposage en piscine.

L'analyses de situations incidentelles sur simulateur

Les analyses d'enregistrements vidéos d'exercices incidentels sur simulateur de sous-marin [9] nucléaire étaient tirées d'une étude réalisée par l'équipe Facteurs Humains de TECHNICATOME sur l'activité réelle des opérateurs de conduite de chaufferie nucléaire embarquée [12]. L'intérêt de ces

enregistrements était de pouvoir les étudier sous un autre angle que celui fait à l'origine. Ces incidents ont été réalisés dans un cadre expérimental, où 15 équipes réparties en deux groupes, ont géré deux variations d'une situation incidentelle.

L'incident simulé est une pollution provenant d'un composant défectueux qui entraîne une montée du taux de chlorures sur un condenseur (Bâbord ou Tribord¹). Il convient alors d'isoler le bord pollué et d'utiliser les moyens disponibles pour continuer à assurer l'alimentation du Générateur de Vapeur de manière suffisante afin d'éviter son assèchement (maintien de la disponibilité) ou d'éviter de devoir passer en priorité propulsion et de demander une réduction de l'ordre d'allure (maintien de la disponibilité en condition dégradée). Le cadre expérimental a décliné l'incident selon deux configurations :

Une configuration simple : le circuit alimentaire en eau principal et ses composants sont entièrement disponibles et sans limitation d'usage. La gestion de la situation se fait alors sans contrainte supplémentaire, il s'agit ici d'observer la résolution de l'incident par le « groupe contrôle » :

Pollution

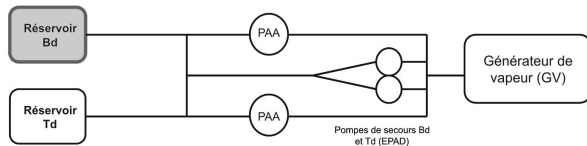


Figure 5 : Représentation des circuits fluides simplifiés dans l'incident simple

Une configuration complexe : tous les moyens pour gérer la situation ne sont pas disponibles. La pompe d'alimentation du bord opposé au bord pollué est indisponible (ex. : fuite PAA²). Dans cette situation, les opérateurs doivent employer les EPAD³ qui sont d'autres pompes dont le débit est moins important que les PAA. Les opérateurs doivent utiliser les deux EPAD pour fournir le même débit que la PAA indisponible afin d'alimenter normalement le générateur de vapeur.

Pollution

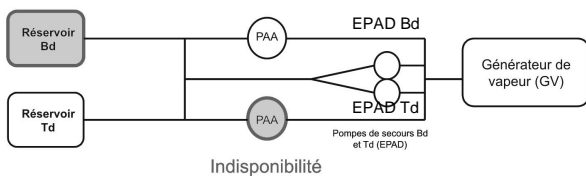


Figure 6 : Représentation des circuits fluides simplifiés dans l'incident complexe

Résultats

Les résultats qui seront présentés ici porteront sur les aspects comportementaux des individus. Les performances et les modes de gestion, en particulier des situations incidentelles sous-marin ne seront pas traités ici [9]. Les résultats obtenus ont été regroupés en deux parties :

- dans la première, il s'agira d'un ensemble d'indicateurs ergonomiques qui permettent d'identifier les sources des écarts dans l'activité, leurs manifestations et leurs conséquences en retour sur les opérateurs et l'organisation,
- dans la seconde, il s'agira d'une modélisation du comportement humain dans la gestion d'une situation dynamique

Les conflits d'objectifs et les écarts entre prescrit et réel

Les observations ont montré que les écarts observés étaient :

- soit la cause de conflits d'objectifs

- soient conduisaient les opérateurs ou les organisations à appliquer des décisions, des conduites, des stratégies conflictuelles.

Ces phénomènes de conflits d'objectifs placent alors les opérateurs dans des prises de décisions « cornéliennes » qui les poussent à agir au mieux, mais pas nécessairement de la meilleure façon. Les résultats qui seront présentés par la suite montreront par les causes et les effets des conflits d'objectifs, l'importance de la nécessité de leur prise en compte dans la réduction des risques.

Indicateurs ergonomiques

Les écarts observés (manifestations) sont issus de déterminants tant chez l'individu (objectifs personnels) qu'organisationnels (caractéristiques techniques du matériel de travail fourni, contraintes opérationnelles, organisation du travail). Nous nous sommes basés sur le schéma d'analyse de l'activité pour les catégoriser :

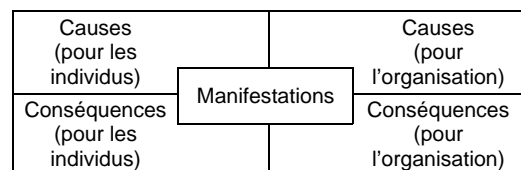


Figure 7 : répartition des causes et des conséquences des écarts [13]

• Causes des écarts chez les opérateurs

Les causes qui incitent les opérateurs à adapter leur conduite, présentées ici, ne proviennent pas uniquement des individus, mais proviennent également de l'environnement (social, technique). Nous avons cependant tenté de regrouper dans cette section les causes typiquement individuelles. Les causes environnementales seront présentées dans la section portant sur l'organisation. Toutefois, en raison des interactions entre l'individu et son milieu, nous soulignerons les causes environnementales qui seront à l'origine des causes conflictuelles chez l'individu.

- **Représentation mentale de la situation** : Cet indicateur fait appel à de nombreux mécanismes cognitifs (soumis aux biais et contraintes de la rationalité limitée), ainsi qu'aux informations tirées de l'environnement. Il concerne aussi bien la perception de la dynamique de la situation que les moyens disponibles pour agir ou l'organisation du travail (répartition des tâches avec les autres opérateurs). En conséquence, de la qualité des représentations dépendra l'adaptation de la réponse à une situation donnée. Ce type de cause est en lien direct avec la qualité des interfaces de conduite, des systèmes de représentation commune, des documents d'exploitation et la communication au sein des équipes.

- **Confiance de l'opérateur** dans ses capacités, le système ou les aptitudes de ses collaborateurs : avec l'expérience, l'opérateur se repose sur les automatismes ou le dimensionnement d'un système (incluant les collaborateurs). Ce point est directement relié à la gestion du risque dans le modèle de la gestion du compromis cognitif.

- **Désirabilité sociale** : c'est un type d'objectif individuel qui peut être imputable au contexte d'un cadre expérimental, de la présence d'observateurs, de collègues de travail. Il est retenu ici par sa récurrence et les conduites qu'il fait adopter (car il a été observé tant dans les situations expérimentales que sur le terrain).

- **Phénomènes liés à l'escalade d'engagement** : abordés comme causes de conflits, il s'agit de stratégies visant à s'engager toujours davantage pour un objectif qui a reçu de façon subjective une priorité et dont l'atteinte n'est pas assurée. Hormis les objectifs de désirabilité sociale qui peuvent les initier (dans le cas des incidents sous-marin, vouloir tout d'abord montrer que l'on sait diagnostiquer l'origine de la pollution avant de que la circonscrire), ce type de phénomène tire parti des

¹ Le simulateur étant de type « naval » la localisation des composants d'une installation se fait à partir des bords (bâbord ou tribord).

² PAA : Pompe Alimentaire Attelée. Pompe principale d'alimentation du générateur de vapeur sur SNA

³ EPAD : ElectroPompe Alimentaire de Démarrage

effets de la rationalité limitée. Ils orientent les individus vers des objectifs concrets, *subjectivement* peu coûteux à appliquer, et soutenus par la vision erronée d'un bénéfice ou d'une réussite à court terme. Les objectifs pour lesquels ces actions sont réalisées pourront alors présenter des conflits avec des objectifs plus abstraits comme la sûreté ou la sécurité.

• Manifestations dans l'activité des opérateurs

- **Régulation** : de sa propre activité ou de celle de ses coéquipiers. Les régulations sont toutes les conduites *directement observables* au cours de l'activité (en terme d'actions réalisées) ou *déductibles des traces* observables sur les équipements ou l'environnement de travail (modification des outils, usures localisées des matériels). Ces régulations peuvent, selon les circonstances, présenter des conduites ou des dispositions potentiellement conflictuelles, en particulier lorsque la communication dans les équipes fait défaut. Un opérateur peut mettre en fonction un système sans prévenir celui qui en avait la charge et causer un accident pour ce dernier qui le croyait arrêté.

- **Recherche de compromis** : les compromis sont des situations pour lesquelles une solution non optimale est adoptée pour tenter de satisfaire à tous les objectifs présents. Le compromis est une situation qui semble inévitable lorsque la représentation mentale fait défaut et qu'elle ne bénéficie pas de supports externes suffisants, comme par exemple sur les interfaces. Une conséquence du compromis est alors d'inciter les opérateurs à réaliser des actions de régulation « en boucle »[9].

• Conséquences dans l'activité

- **Accélérer la réalisation du résultat** : c'est un phénomène d'écart normalement constaté dans l'activité. Sa mise en œuvre présente parfois des caractéristiques conflictuelles au sein de la tâche, lorsqu'il dépasse le cadre de marges de manœuvres existantes. Il peut aussi être la conséquence d'une poursuite dans l'escalade d'engagement.

- **Réduire les contraintes opératoires ou réglementaires** : c'est ici aussi un type de conduite régulièrement observé dans toute activité. Ce n'est pas obligatoirement la conséquence ou la cause d'une situation conflictuelle, mais peut y participer. Cette conduite est au cœur de la gestion du compromis cognitif et, lorsqu'un risque est pris, peut présenter un risque de conflit potentiel ou avéré en fonction de l'importance de l'écart notable qu'il présente dans l'activité.

- **Activités répétitives ou actions en boucle** : elles sont généralement les conséquences d'un conflit d'objectifs mal abordé (défaillance de la représentation occurrente de la situation, des moyens disponibles). Ce type d'activité manifeste la difficulté pour les opérateurs à réfléchir dans le cours de l'action en termes d'objectifs, alors que l'inverse s'observe au cours des débriefings.

- **Difficulté de prise de décision** : lorsqu'il provient d'un défaut de représentation mentale ou d'un manque de connaissance pour décider ou agir, le conflit d'objectif va poser des difficultés dans la prise de décision. Lorsque le conflit est identifié, il peut alors devenir encore plus complexe de « trancher » pour un objectif ou un autre, à moins que le contexte le permette (ex : ordre de la hiérarchie).

• Causes dans l'organisation

Les causes organisationnelles participent à l'émergence d'autres types de transgressions qui impacteront sur l'organisation ou ses acteurs. Il faut toutefois insister sur l'aspect systémique des conflits dans les organisations, en particulier le renforcement des causes par les rétroactions. Par exemple, si les objectifs économiques contraignent les objectifs opérationnels (réduction d'effectifs, pression à la production), mais que les opérateurs disposent de suffisamment de degrés de liberté pour s'adapter (outillage efficace, organisation flexible), l'absence de toute remontée d'indicateurs de risque jouera en faveur de la poursuite des objectifs économiques.

Finalement, les dispositions organisationnelles prises pour satisfaire les objectifs économiques deviendront les nouvelles références de l'organisation du travail. Cette modification des conditions de réalisation de la tâche ne correspond plus aux critères pris en compte à l'origine, et risquera de révéler plus tard le manque d'adéquation entre des moyens disponibles et une situation de crise (incident, pic de charge, personnel disponible en périodes de vacances...).

- **Modifier l'organisation du travail** : il s'agit ici de toutes les techniques d'optimisation mises en place pour réduire la masse salariale (recours à l'intérim, techniques de réductions du personnel...) qui ont pour conséquence de modifier les rôles et les fonctions des acteurs d'un système. Ce type de solution n'est pas forcément négatif pour l'activité ou l'organisation. Mais pour cela, elle doit s'accompagner d'une nouvelle organisation du travail, sans quoi le choix économique entre en conflit, à terme, avec la productivité, la santé ou la sécurité des personnes.

- **Modifier les caractéristiques techniques d'un système** : Cet objectif vise une amélioration de la production par des modifications visant l'optimisation du rendement des systèmes. Les conséquences des choix que prennent les décideurs ne peuvent toujours être évalués au niveau opérationnel.

- **Caractéristiques du système techniques** présentant des contradictions fonctionnelles ou des contraintes : les outils ou les systèmes que doivent utiliser ou piloter les opérateurs peuvent présenter des caractéristiques ou des configurations conflictuelles. Ces caractéristiques de conception sont souvent elles aussi issues de contraintes et de conflits apparus au cours de leur conception. En conséquence, ce sont de tels systèmes techniques qui peuvent en venir à pousser les opérateurs à adopter des conduites « limites » au cours de leur activité.

- **Clarté des directives de la hiérarchie** : les opérateurs auront d'autant plus de mal à réaliser leur activité que les demandes ou les attentes de leur hiérarchie seront clairement établies. Cela peut prendre la forme de tâches à réaliser qui sont clairement indiquées, mais des attentes peuvent aussi faire l'objet d'attentes implicites de la hiérarchie.

• Manifestation dans le fonctionnement de l'organisation

Les manifestations des conflits dans le fonctionnement d'une organisation sont interdépendantes. D'une part, face aux contraintes, une recherche de compromis est faite pour tenter de trouver un état d'équilibre acceptable. D'autre part, le compromis implique une réduction de la satisfaction de certains objectifs, ouvrant de fait la voie aux dérives organisationnelles.

- **Recherche de compromis** : ils sont essentiels pour tenter de trouver des lignes de conduite permettant de satisfaire les contraintes précédemment établies (dans les causes organisationnelles). La solution par compromis étant une solution médiane, elle réduira la satisfaction de certains objectifs et pourra devenir une porte d'entrée aux dérives organisationnelles. L'état d'équilibre que permet d'obtenir un compromis permet, par effet en retour, de renforcer les décisions visant la productivité, à poursuivre dans le même sens de rentabilisation (causes organisationnelles).

- **Dérives organisationnelles** : elles sont la suite logique des décisions visant la modification de l'organisation du travail ou des caractéristiques techniques des systèmes. Les répercussions porteront sur la qualité du travail (démotivations du personnel, transgressions des règles et l'augmentation des petits incidents, la qualité de la production, de la maintenance...).

• Conséquences pour l'organisation

Les conséquences attendues portent sur la qualité et la production. La présence de conflits accentuera les risques liés à ces attentes (dégradation de la production, de la qualité) et un effet en retour est aussi à attendre sur les opérateurs ou le reste du personnel (démotivation, accidents du travail, arrêts maladie). D'autres indicateurs consécutifs aux conflits d'objectifs ont toutefois été identifiés :

- **Manque de moyens ou moyens inadaptés** : les modifications des systèmes de production, de la composition des équipes, de l'organisation du travail, des moyens disponibles ne permettent plus de répondre de la même façon aux situations exceptionnelles (et leur fréquence). Les retombées concernent autant les opérateurs (effectifs, moyens disponibles) que leurs responsables (méthodes de gestion, ressources disponibles).

- **Prises de décision visant le court terme** : elles sont les conséquences des décisions prises en amont visant l'optimisation du rendement ou le rétablissement d'un équilibre économique. Les décisions à court terme sont présentées en tant que conséquences car elles sont comparables aux attentes (résultats relativement certains) présentés par Reason [4] : elles sont prises en fonction du contexte. Plus celui-ci est dégradé, plus les décisions viseront l'obtention d'effets immédiats (ceci s'accroissant avec la pression temporelle).

- **Dérives organisationnelles** : Des dérives peuvent avoir lieu ponctuellement, pour répondre à une situation exceptionnelle, telle l'adaptation d'une organisation aux contraintes qu'elle rencontre. Cela concernera alors le domaine des manifestations. Du point de vue des conséquences, si les dérives se répètent progressivement et régulièrement, elles se normalisent et bénéficient en conséquence d'une tolérance de fait. Cela n'enlève en rien le risque qu'elles peuvent présenter et incitent même la poursuite des décisions qui en sont à l'origine.

Modélisation de la gestion de l'activité

Nos observations ont montré que les opérateurs, au cours de leur activité, modulent leur conduite en appliquant une stratégie privilégiant soit une économie cognitive soit une économie physique pour réaliser l'objectif opérationnel. Le recours aux modèles de la décision erronée, et particulièrement du compromis cognitif, trouve ici son intérêt pour apporter des éléments de réponse quant à cette apparente double logique de gestion.

Notre question sur l'existence d'une double logique de gestion implique l'existence d'un mécanisme de sélection ou de régulation pour arbitrer toute éventuelle compétition entre elles. Le modèle du compromis cognitif présente, pour un individu, les éléments participant à la recherche d'un compromis opérationnel et cognitif basé sur une recherche de l'effort minimal pour un résultat non pas optimal, mais subjectivement acceptable par l'individu en fonction des contraintes qu'il rencontre.

Toutefois, bien que le modèle soit bâti sous une approche duale (prise de risque vs. gestion du risque, recherche d'efficacité vs. limitation de l'effort fourni) il ne permet pas d'expliquer pourquoi on peut observer une augmentation de l'activité des opérateurs pour un résultat soit incertain soit minime (escalade d'engagement, dépense gâchée...), d'autant plus que les stratégies employées dans ce genre d'activités sont bien souvent coûteuses (en temps, en efforts...). Par contre, le modèle explique les nécessaires dépassements de limites en général pris par les experts (qu'il exprime sous la forme d'une sortie volontaire et maîtrisée du domaine de maîtrise du processus) pour rétablir une situation.

Ces remarques et les observations menées nous confortent dans l'existence d'un processus de conduite à deux facettes qui sous-tend la gestion de l'activité. Toutefois, cette logique duale pourra présenter lorsqu'elle se manifestera, une opposition entre les actions d'un individu et les priorités d'une tâche.

Deux catégories de processus en charge de la gestion d'une activité

En nous basant sur la distinction existant entre la supervision de la tâche et sa réalisation au travers de l'activité [1], nous proposons de regrouper en deux familles, les processus cognitifs qui en ont la charge [2]. Ces deux familles de processus orientent l'activité en fonction de la tâche et des contraintes liées à la réalisation du processus :

- les **processus décisionnels** (propres à la tâche) : ils planifient l'activité pour réaliser la tâche à partir des informations collectées et de la représentation occurrente du processus,
- les **processus opérationnels** (propres à l'activité) : ce sont des processus de plus bas niveau qui adaptent l'activité au contexte opérationnel de la tâche pour atteindre le but fixé par les processus décisionnels

Nous intégrons dans ces deux groupes de processus ceux en charge de la prise d'information puisqu'ils participent tant au diagnostic qu'au suivi de la réalisation de l'activité [8].

L'intégration de la dimension conative dans la gestion de l'activité

Notre modélisation doit pouvoir rendre compte des effets de la conation qui ont été observés. Par exemple, les analyses de résolution d'incidents sur simulateurs de sous-marins, ont montré à travers l'attitude des opérateurs l'effet de la composante affective⁴ :

- chez les Chefs de Quart, la variabilité de manifestation de leur autorité sur leur équipe, la recherche de connivence avec les instructeurs, les attitudes feignant la décontraction vis-à-vis de la gravité d'une situation....
- chez les opérateurs : variabilité des conduites en fonction de l'autorité du Chef de Quart (évitement ou coopération), recherche de coopération ou d'éloignement avec le Chef de Quart,

Face à une situation incidentelle pour laquelle des objectifs sont clairement identifiés (isoler une pollution), les motivations issues d'objectifs personnels comme la désirabilité sociale modifieront l'attitude et les stratégies (chercher l'origine d'une pollution plutôt que la circonscrire afin de se valoriser vis-à-vis de soi ou des autres).

Les observations de terrain ont également montré des effets liés à la désirabilité sociale, lorsque des opérateurs présentaient un zèle notable dans leur activité ou la recherche d'une ascendance sur leurs collègues, et la réorientation des objectifs à atteindre.

La composante affective ne se limite toutefois pas à des aspects de désirabilité, et d'autres facteurs peuvent intervenir dans les processus décisionnels (comme la confiance accordée à un système, un collègue). Ainsi, la composante émotionnelle et la motivation qu'elle apporte aux objectifs individuels est déterminante sur l'activité.

L'allocation dynamique des ressources attentionnelles dans la gestion de l'activité

L'effet de la composante motivationnelle sur l'activité est double :

- elle accentue l'orientation prise dans la gestion de l'activité,
- elle peut modifier une stratégie

Cet effet tiendrait à une modification dynamique de la répartition des ressources attentionnelles entre les processus soutenant l'action et la réflexion. Par exemple, les opérateurs entrant dans une activité en boucle présentaient de la difficulté à s'extraire de la tâche pour la considérer avec un autre point de vue. Dans ce cas, la majorité des ressources attentionnelles serait allouée à la gestion du processus lesquelles seraient insuffisantes pour soutenir une réflexion à plus haut niveau.

Ainsi, l'allocation de ressources attentionnelles aux processus de décision et de réalisation de la tâche subira l'influence des objectifs individuels. En d'autres termes, la gestion de la tâche ira dans le sens et selon la force des objectifs personnels. Les ressources attentionnelles se répartiront en fonction de la nécessité de répondre à la complexité de la situation que la dynamique affective de l'individu modulera selon la force de ses motivations. En parallèle, les processus de gestion de l'activité ou d'analyse de la situation verront leur degré d'efficacité varier selon la qualité des heuristiques, les biais et les habiletés existant chez l'individu.

⁴ non pas en terme de stress, mais de conduites traduisant un état émotionnel

Selon la complexité des situations (complexité dans la mise en œuvre ou sa compréhension), la « sous allocation » de ressources à une catégorie de processus au bénéfice d'une autre ne s'accompagnera pas obligatoirement d'une faillite de son objectif. Par exemple dans le cas d'une situation complexe à appréhender, l'allocation massive de ressources aux processus décisionnels sous-alimentera les processus opérationnels. Une telle situation augmenterait statistiquement, pour l'opérateur, le risque d'une perte de contrôle du processus. De plus, si les dispositifs d'aide ou d'accompagnement intégrés dans les systèmes ou les outils employés par l'opérateur sont insuffisants au guidage de son activité, ce dernier aura recours à son expertise. Ainsi, même si les ressources attentionnelles destinées aux processus de gestion de l'activité viennent à manquer, l'opérateur restera capable de gérer la situation avec le niveau d'efficacité que lui permet son expérience, en employant des processus cognitifs peu coûteux mais efficaces (comme les automatismes, les heuristiques, raisonnement par analogie).

Discussion : comprendre l'activité humaine pour en réduire les risques

L'activité humaine a ceci de caractéristique qu'elle recherche continuellement la réduction des contraintes, et donc le compromis idéal correspondant. Ceci s'accompagne en conséquence de contournements, dont les écarts engendrés peuvent conduire à des situations aux caractéristiques conflictuelles. Ces dernières sont donc indissociables de l'homme et par extension de toute organisation, ces dernières héritant (et subissant) des limitations cognitives humaines.

A ces limitations s'ajoutent les luttes pour le pouvoir, les conflits d'intérêts, la limitation du raisonnement causal et les biais orientant les prises de décisions. Tous ces éléments interviennent dans la conception de systèmes industriels complexes. Ainsi, les systèmes qu'utiliseront par la suite des opérateurs sont conçus, tout au cours du déroulement du projet, sur des bases conflictuelles, de recherche de compromis entre temps et argent, de maîtrise et réduction des coûts, de compromis entre risques et faisabilité... L'exploitation des systèmes et le fonctionnement des organisations vont ensuite présenter des configurations conflictuelles [6], des dérives avec lesquelles les opérateurs devront composer pour maintenir le cap qui leur est fixé. Tous ces éléments participent à la création, au développement et à la pérennisation de « zones de flou » (erreurs latentes, conflits techniques potentiels), heureusement compensées par des adaptations tenant de la même logique.

Nos résultats ont montré la grande variété des conflits possibles et leurs conséquences, mais aussi qu'ils pouvaient être regroupés dans un petit nombre de catégories. Agir sur les catégories de causes possibles (indicateurs de causes de conflits présentés précédemment) peut en réduire de façon importante les manifestations. En ce sens, s'intéresser à la réduction des causes de conflits d'objectifs revient à appliquer une démarche qualitative. Étant donné le rapport entre les causes et les effets, l'application d'une démarche basée sur la loi de Pareto réduirait fortement la probabilité de risques liés aux conflits.

Cependant, l'évitement de situations conflictuelles risque de nous pousser dans une voie tout aussi conflictuelle. En effet, toute activité humaine procède d'une certaine « virtuosité ». Comme il l'a été précédemment observé dans la comparaison d'opérateurs experts et novices sur un même système, la productivité et la gestion optimale ne sont réalisées que par les experts [7], [5], [10]. L'expérience tient à la connaissance des

limites de fonctionnement d'un système [3]. Si des opérateurs doivent être placés aux commandes d'un système, et qu'ils ne peuvent en connaître les limites, comment créeront-ils leur

expérience, d'autant plus qu'elle s'acquiert en grande partie par l'erreur ? Cette question s'attache à la pratique constatée chez les opérateurs EDF lors des dépassements des limites d'insertion des groupes d'absorbants dans le cœur du réacteur. Les opérateurs dépassaient les limites consciemment, pour des raisons de souplesse de conduite. On comprend bien évidemment la position des autorités de sûreté pour éviter que de telles pratiques perdurent.

En contrepartie, cette pratique leur assurait une simplification de la conduite et une limitation de rejets d'effluents. Ainsi, si les conflits doivent être écartés, c'est en premier lieu par la conception des systèmes futurs qu'il faut commencer, en prenant en compte les besoins des opérateurs d'un point de vue qui soit cohérent avec leur activité ainsi qu'à la tâche. Ce type de démarche d'ergonomie de conception permettra de réduire un peu cette part semble-t-il (heureusement) irréductible des causes de conflits : la motivation humaine.

Remerciements

L'auteur tient à remercier le Laboratoire Travail et Cognition (LTC – UMR-CNRS 5551) de L'université de Toulouse le Mirail pour lui avoir permis de réaliser cette recherche qui a été co-financée par le Commissariat à l'Énergie Atomique et la société TECHNICATOME.

Bibliographie

- [1] Leplat, J. Erreur humaine, fiabilité humaine dans le travail. Paris : Armand Colin, Collection U. (1985).
- [2] Weill-Fassina, A., Rabardel, P. & Dubois, D. Représentations pour l'action. Octares Editions, Toulouse, p. 247-271.
- [3] Amalberti, R. La conduite des systèmes à risques (2^{ème} ed.). Paris : P.U.F. 2001. (ouvrage original publié en 1996).
- [4] Reason, J. L'erreur humaine (J.M. Hoc, Trad.). Paris : PUF.(1993) (Édition originale, 1990).
- [5] Grosjean, V., Terrier, P. Quel type d'expérimentation pour étudier l'activité future, Actes du colloque « Recherche et Ergonomie », Toulouse, Février 1998.
- [6] Papin B. Les approches fonctionnelles : une nouvelle vision de la conduite des réacteurs nucléaires. Article scientifique et technique, Clefs CEA, Edition 2000.
- [7] Cazamian, P. Aspects psychologiques et psychosociologiques de la sécurité industrielle, La Scuola in Azione, p. 86-102, 1969.
- [8] Hoc, J.M., & Amalberti. Diagnostic et prise de décision dans les situations dynamiques. Psychologie Française, 39, 177-192, 1994.
- [9] Letzkus, P. La gestion des conflits d'objectifs dans les activités à risques : la conduite d'installations nucléaires, Actes du colloque Epique 2003, p.325-331.
- [10] Noulin, M. *Ergonomie*, Toulouse : Octarès Ed. 2002.
- [11] Spérandio, J-C. La psychologie en ergonomie, PUF Le psychologue. 1980.
- [12] Salazar-Ferrer, P., Guillermain, H. Contribution à l'identification des risques facteurs humains dans la conduite des processus à haut niveau de sûreté de fonctionnement. In Gnascia, J.-B. (Ed.). Sécurité et cognition, Hermes, Paris. 1999
- [13] Guérin, F., Laville, A., Daniellou, F., Duraffourg, J., & Kerguelen, A. Comprendre le travail pour le transformer. La pratique de l'ergonomie. ANACT, Collection Outils et Méthodes. 1997.

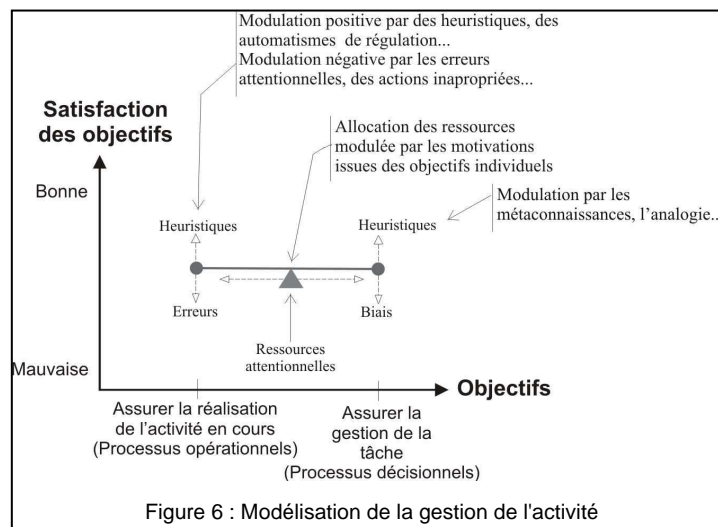


Figure 6 : Modélisation de la gestion de l'activité