
La gestion des conflits d'objectifs dans la conduite de processus industriels

LETZKUS Pierre

Doctorant CEA / TECHNICATOME* / Université de Toulouse le Mirail**
Centre d'Etudes de Cadarache
DER/STR/LCFR – Bat 208, 13108 St Paul lez Durance
letzkus@cea.fr

RÉSUMÉ : Cet article propose de définir une problématique de recherche sur la gestion des conflits d'objectifs : elle a pour but d'étudier les mécanismes fondamentaux de la détection et de la résolution des conflits d'objectifs dans la conduite de procédés. Cette activité de haut niveau, mise en œuvre par les équipes de conduite des systèmes à risques, s'avère aujourd'hui peu assistée par les Interfaces Hommes-Machines. Il apparaît que sur la base de la détection ou de l'anticipation d'un conflit d'objectifs, le processus cognitif de hiérarchisation des priorités est déterminant pour la prise de décision et la planification des opérations à mettre en œuvre pour gérer la situation. A la lumière de ces premiers constats, ce thème de recherche peut déboucher sur des évolutions importantes des systèmes d'aide à la conduite (IHM et systèmes de représentation, documentation papier, etc.) des installations à risques.

MOTS-CLÉS : conflit d'objectifs, anticipation, prise de décision, environnement dynamique, hiérarchisation, sûreté de fonctionnement.

1 PROBLEMATIQUE ET DEFINITION

La résolution de conflits d'objectifs n'est pas une activité spécifique à la conduite d'installations industrielles à risques. Bien au contraire, nous devons chaque jour faire des choix entre différents paramètres ou besoins pouvant interférer entre eux (comme par exemple dans le cas de la conduite automobile, ou la gestion d'un budget familial). Dans la conduite de procédés industriels complexes, la satisfaction de ces paramètres ou «attributs de la sûreté de fonctionnement» (Laprie *et al*, 1997) revêt une importance particulière du fait des risques pour la sécurité des personnes et de l'environnement. Notre recherche s'intéresse aux activités mises en œuvre par les équipes de conduite de ces systèmes pour gérer ces situations de conflits d'objectifs et vise l'étude des mécanismes cognitifs centraux de la détection et de la résolution d'un conflit d'objectifs.

Un conflit d'objectifs se présente lorsque la nécessité de rétablir l'un des attributs de l'installation (fiabilité, disponibilité, sécurité, maintenabilité, sûreté nucléaire, ...), risque d'interférer sur l'état des autres et cela à court, moyen ou long terme. Ces conflits peuvent résulter d'une interférence entre plusieurs attributs (interférence des mesures à mettre en œuvre pour satisfaire la sûreté de l'installation, la sécurité des personnes, la disponibilité de la production, ...), ou s'inscrire dans le temps au sein du même attribut (interférence entre les mesures à mettre en œuvre pour résoudre la situation à court terme, moyen terme et long terme, Amaldi,1999).

* Equipe Facteurs Humains, BP34000, 13791 Aix en Provence Cedex 3

** Laboratoire Travail et Cognition, UMR CNRS 5551, Maison de la recherche, 31058 Toulouse Cédex01.

2 CADRE APPLICATIF : LE CONFLIT D'OBJECTIFS DANS LE NUCLEAIRE

Dans le cadre du nucléaire, la sûreté reste l'objectif majeur (éviter d'agressions majeures sur l'environnement), et elle prime sur les autres en cas de situation accidentelle. Il reste que dans certaines situations incidentelles limites, le respect de cet objectif peut entrer en concurrence avec la disponibilité de la fourniture d'énergie, la sécurité des personnes, la maintenabilité de l'installation, etc.

Ces conflits d'objectifs possèdent des variantes suivant les types de réacteurs. Dans le contexte d'un réacteur nucléaire embarqué (sous-marins nucléaires, porte-avions) la disponibilité de la propulsion peut être primordiale pour la survie de l'équipage et peut entrer en concurrence avec la sûreté nucléaire. Pour être tranché, le conflit doit être remonté au niveau de la sécurité du bâtiment.

Dans le contexte des réacteurs expérimentaux, ce conflit s'applique au maintien de la disponibilité de la production de neutrons, nécessaire à la réalisation d'expérimentations complexes et coûteuses. Enfin, dans les réacteurs de puissance, les problèmes de disponibilité et de régularité de la production prennent des ampleurs financières très conséquentes mais peuvent aussi mettre en danger la sécurité de biens ou de personnes dépendants de cette énergie.

Ces conflits « majeurs » entre attributs de la sûreté de fonctionnement donnent généralement lieu à des directives claires (privilégier la sûreté dans telle situation), ou sont prises en charge par des cellules de crise internes (lorsqu'ils sont à dynamique lente). Lorsque la dynamique est rapide ainsi que pour tous les conflits d'objectifs de moindre ampleur, la résolution dépend entièrement des opérateurs en charge de l'exploitation des systèmes à risques. Dans ces situations, le retour d'expérience actuel effectué auprès d'équipes de conduite de réacteurs nucléaires met en évidence un besoin accru d'aide à la gestion de ces situations de conflits d'objectifs.

3 RAISONNER DANS DES ENVIRONNEMENTS DYNAMIQUES : LA PRISE DE DECISION EN SITUATION NATURELLE

Le thème de la conduite en environnement dynamique propose une approche du raisonnement et de la résolution de problèmes dans une optique « naturelle », c'est à dire relative à des activités complexes soumises à des facteurs non contrôlés et évoluant dans le temps, comme on peut le rencontrer dans la conduite automobile, la régulation du trafic aérien ou encore la conduite d'une installation nucléaire. Les modèles de la prise de décision naturelle de Klein (Klein et al, 1993) font l'objet de recherches appliquées actives principalement aux Etats-Unis, notamment pour la défense : aide aux commandement, systèmes de défense tactiques, systèmes de surveillance aérienne, etc. Ils s'opposent de fait à l'approche plus traditionnelle du raisonnement en environnement statique (Tour de Hanoï ou utilisation d'un logiciel de bureautique) et répondent à l'inapplicabilité avérée de ces modèles de prise de décision au delà des situations de laboratoire statiques¹, ou des limitations des modèles normatifs de la prise de décision statistique.

La modélisation de la résolution de problème en termes de planification, de représentations mentales², de raisonnement (stratégique ou tactique) est grandement simplifiée dans le cas des environnements statiques puisque l'espace problème est beaucoup plus facile à circonscrire. Dans un environnement dynamique, le procédé évolue indépendamment des actions de l'opérateur, faisant de la non action une action. La surveillance de l'évolution des paramètres du procédé et de l'environnement permet d'anticiper des événements à prévenir ou corriger. Enfin, la prise de décision en situation naturelle intègre des aspects collectifs (co-action, travail coopératif, etc.) qu'il devient rapidement impossible à intégrer dans un modèle statique.

¹ Cependant de tels modèles paraissent garder leur validité dans les cas de résolution de problèmes propres aux situations intra conflictuelles (exemple d'interférences entre actions successives d'une procédure séquentielle).

² La conduite d'un système dynamique n'est pas un phénomène continu et homogène au niveau de la supervision des différents paramètres. Les opérateurs se font une représentation mentale du fonctionnement de l'installation qui diverge progressivement de l'état réel et qu'ils réactualisent lors d'un passage en revue des indicateurs. Les risques d'erreurs pour les opérateurs vont donc grandissants au fur et à mesure que l'écart entre la représentation mentale qu'ils ont de l'installation et l'état réel se creuse.

4 LA GESTION DES CONFLITS D'OBJECTIFS COMME MODULE AUTONOME DE L'ACTIVITE DE CONDUITE

4.1 Gérer les conflits d'objectifs : les grandes étapes

La gestion d'un conflit d'objectifs est normalement déclenchée par l'identification d'un conflit potentiel, déduit par l'opérateur à partir de son expertise et des informations qui lui sont fournies. Plus rarement, le conflit est directement signalé par l'interface de conduite (Papin & Guillermain, 2001). Toutefois, ce qui peut apparaître comme un conflit pour un opérateur « novice » ne le sera pas forcément pour un autre expérimenté, ce dernier pouvant, par anticipation, savoir qu'il y aura un rétablissement des paramètres perturbés de façon naturelle (Mariné & Al., 1988) ou connaissance de la procédure adéquate. Inversement, un opérateur expérimenté peut prévenir un conflit d'objectifs à long terme, qu'un novice aurait du gérer sur le moment. En cas d'échec de la détection par l'opérateur, la situation continue à dériver jusqu'à devenir irréversible et conduire, le cas échéant, à l'enclenchement d'automatismes de protection ramenant l'installation dans un état sûr mais non disponible.

L'activité de gestion de conflits d'objectifs entre attributs s'inscrit dans un cadre de conduite complexe qui implique tout d'abord que l'opérateur ait identifié un problème et réalisé un (ou plusieurs) diagnostic(s) de l'état du système et de son évolution. Sur la base de ce diagnostic, il lui faut alors anticiper les aggravations possibles de la situation à court, moyen et long terme et déduire les conséquences et la criticité des scénarios envisagés sur les principaux attributs concernés par l'application (productivité, sûreté etc.). Il doit faire cela en tenant compte des hiérarchies différentes de ces attributs pour la ou les fonctions impliquées par la situation (ex : extraction de chaleur, production de neutrons etc.). Il établit ensuite une priorité dans ces attributs sur la base d'un compromis entre les criticités en jeu et l'objectif temporel du rétablissement de la fonction du système (hiérarchisation des priorités), et il choisit ou élabore une procédure adaptée à l'atteinte de son objectif. Il exécute par la suite cette procédure et suit l'évolution du système jusqu'au rétablissement de la fonction en optimisant éventuellement l'atteinte des attributs initialement laissés de côté dans la stratégie qu'il a adopté. (Guillermain, 1995 sur la base de Rasmussen, 1986). Dans cette description de l'activité de conduite, le conflit d'objectifs peut être traité préventivement par l'opérateur ou, en cas d'échec, se manifester lorsque l'exécution de la procédure (pour rétablir le paramètre) perturbe à court, moyen ou long terme d'autres paramètres.

Notre hypothèse de travail considère l'activité de gestion de conflits d'objectifs comme une activité autonome au sein de l'activité cognitive de conduite de procédé. Organisé sous la forme d'un module spécialisé autour de la hiérarchisation des priorités d'objectifs, ce module « dormant », car non sollicité en permanence, serait activé lorsque l'activité de conduite identifie un conflit d'objectifs potentiel. Le module s'active et prend alors le contrôle de l'activité en utilisant les ressources cognitives disponibles pour analyser et résoudre le conflit d'objectifs. Il faut garder à l'esprit que la vision que nous soutenons dans cette recherche est une première approche des processus cognitifs mis en jeu dans cette activité de résolution de conflit, et qu'elle sert essentiellement à délimiter le domaine d'étude. Par la suite elle évoluera en un modèle cognitif dont la validité psychologique sera étayée par des observations de l'activité réelle.

4.2 La gestion des conflits d'objectifs : module « dormant » de l'activité

Chacune des activités mises en œuvre dans la conduite du procédé peut mettre à jour un conflit d'objectifs potentiel ou avéré et activer ainsi l'activité de haut niveau consistant à traiter ce conflit d'objectifs (cf. figure 1). Cette prise en charge de l'identification d'un conflit d'objectifs par les différentes activités de conduite est étroitement dépendante des interfaces disponibles. Ainsi la présentation sur l'interface de conduite de courbes historiques présentant l'évolution des principaux paramètres peut permettre à l'opérateur d'exploiter au mieux ses capacités d'anticipation (activité « élémentaire » de l'activité de conduite). A défaut de courbes historiques le phénomène de la dérive lente est particulièrement délicat à détecter. Il a comme caractéristique de faire passer inaperçu la dégradation d'un paramètre (la différence de valeur entre l'état présent et l'état précédent apparaît comme non significative). Progressivement l'état évolue, de façon imperceptible pour l'opérateur, jusqu'à ce qu'une alarme ou un incident se déclare. Dans un pareil cas, il n'y aura pas eu

d'anticipation possible, et l'opérateur devra agir plus ou moins rapidement selon la gravité de la situation, le temps qu'il estime lui être imparti et les procédures à respecter en présence d'une telle situation. On se retrouve alors dans la configuration du modèle proposé par Hollnagel (1993) décrivant le type de conduite et le mode de contrôle (stratégique, tactique ou opportuniste) suivi par les opérateurs en fonction de la contrainte temporelle. Il peut ainsi extrapoler l'évolution future de son procédé et pressentir un conflit à venir (ex., utilisation par deux systèmes de la même ressource, approche d'un seuil d'enclenchement d'une sécurité préjudiciable à la disponibilité).

Réciproquement, le module de gestion du conflit peut à son tour mobiliser ces activités plus élémentaires en tant que ressources nécessaires pour traiter ce conflit (lancer une surveillance dédiée d'un paramètre clé, détecter toute anomalie infirmant ou confirmant le conflit).

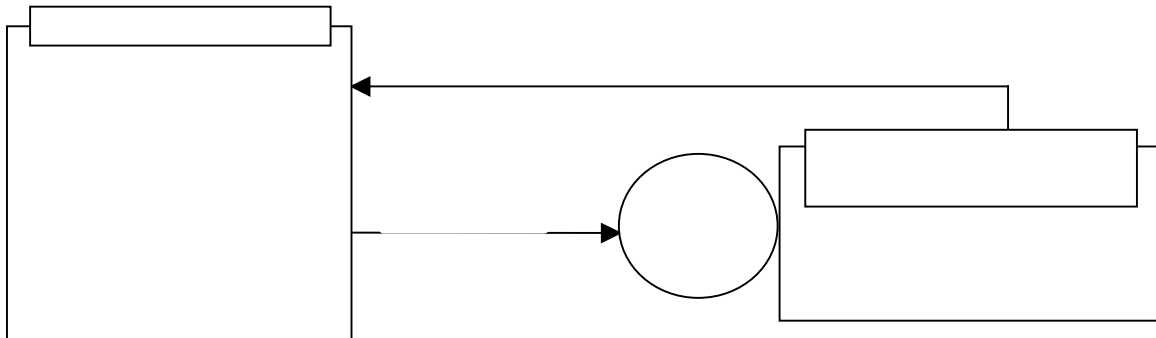


Figure 1 : Activation du « module » de Gestion des Conflits d'Objectifs au sein de l'activité de conduite. Activation du module par l'une des activités de conduite identifiant un conflit potentiel et mobilisation par le module de tout ou partie des activités cognitives afin de résoudre le conflit.

4.3 La gestion des conflits d'objectifs : module « actif » de l'activité

Comme nous l'avons vu, un conflit d'objectifs apparaît dès lors que l'opérateur détecte une dégradation d'un des attributs de la sûreté de fonctionnement, et que les actions à mettre en œuvre pour le ramener en fonctionnement nominal entrent en conflit avec d'autres attributs (à court, moyen ou long terme). Une fois activé, le module de gestion de conflit d'objectifs traite la situation en plusieurs étapes (voir figure 2). A chacune de ces étapes, des ressources cognitives plus élémentaires, précédemment dédiées à l'activité de conduite, peuvent être mobilisées par le module de gestion du conflit devenu actif.

L'identification d'un conflit potentiel active la gestion des conflits d'objectifs en commençant par une phase de vérification de l'existence effective du conflit, à travers une collecte et une analyse d'informations ①. Si le conflit est confirmé ②, l'activité se centre sur l'étape de hiérarchisation des priorités ③ visant la recherche d'un compromis optimal compte-tenu des ressources disponibles et du temps imparti, ou établissant une priorité des objectifs à satisfaire. La mise en œuvre de la stratégie de résolution ④ permet la planification et la réalisation de l'activité préventive ou corrective. La validation des actions engagées et des anticipations réalisées (Boudes, 1997), ⑤ ainsi que la vérification de la résolution du conflit ⑥ permet à l'opérateur, en cas de succès, de se recentrer sur son activité de conduite courante ⑥ (le « module » de résolution de conflit redevient dormant).

4.4 La hiérarchisation des priorités : un élément central de la résolution de conflits

Rétablir une situation passe bien souvent par la nécessité de satisfaire en même temps plusieurs contraintes alors qu'il n'est possible d'en satisfaire qu'une à la fois. Il se présente alors, chez les opérateurs la nécessité d'opérer un choix. Cette prise de décision fait appel à une composante cognitive que nous estimons centrale dans le module cognitif de gestion des conflits d'objectifs : la hiérarchisation des priorités.

Cette capacité de hiérarchiser dépend étroitement des marges de manœuvre de l'opérateur (libertés et contraintes inhérentes aux procédures), de l'efficacité de ses processus permettant l'identification préventive du conflit (minimisant les contraintes temporelles) et du bilan qu'il réalise sur les ressources matérielles disponibles pour traiter ce conflit.

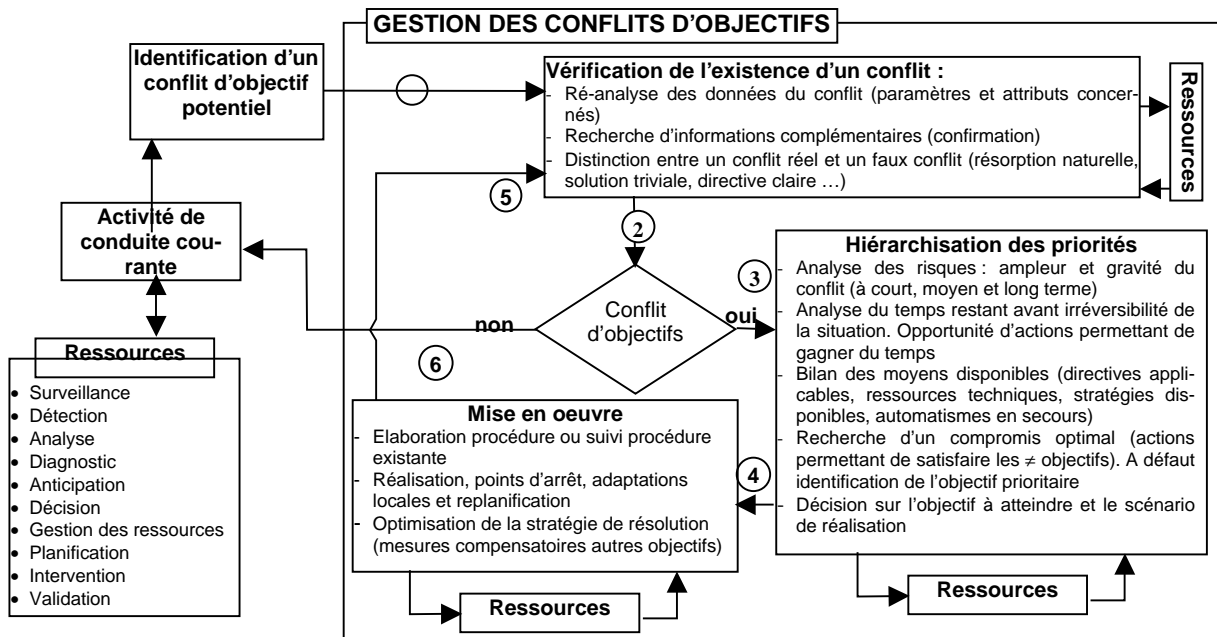


Figure 2 : Etapes et mécanismes internes du module de gestion des conflits d'objectifs

Les causes principales des erreurs de hiérarchisation peuvent provenir en premier lieu d'une mauvaise anticipation des conséquences de la situation, mais aussi d'un manque d'expertise ou de connaissances (connaissances sur le procédé ou sur des situations analogues et la façon dont elles ont été résolues). Du point de vue des IHM, cela peut être un manque de présentation de critères de décision objectifs pour trancher un conflit entre attributs, ou un manque de visibilité sur la disponibilité des ressources matérielles. D'un point de vue organisationnel, cela peut être une absence complète de directives ou des directives ambiguës (priorité à la sûreté accompagnée d'une pression organisationnelle pour garantir la disponibilité).

Les opérateurs ont à prendre de nombreuses décisions dans des situations limites, souvent sous contrainte temporelle et sous stress (ex. : favoriser la disponibilité ou la sécurité-innocuité, dans une situation critique où rien ne favorise le choix de critère) (Guillermain, 1995). Une hiérarchisation des priorités et sa présentation auprès des opérateurs constituerait donc une aide fondamentale dans la gestion de conflits entre attributs concurrentiels (Rasmussen, 1986).

5 UN EXEMPLE DE DECLENCHEUR DE LA RESOLUTION D'UN CONFLIT D'OBJECTIF : LE CAS DE L'ANTICIPATION

Dans l'activité de conduite courante d'un procédé à risques, un conflit d'objectifs potentiel peut être déduit ou induit lors de la mise en œuvre des activités élémentaires de surveillance des paramètres, de diagnostic d'un incident, de problèmes lors d'une intervention. Dans ces cas, le module de gestion de conflits d'objectifs est généralement activé avec des contraintes temporelles fortes, l'opérateur doit prendre une décision rapide et ne peut peser toutes les conséquences de la situation pour hiérarchiser efficacement les objectifs à atteindre. Son expertise est largement sollicitée dans une prise de décision en situation d'urgence l'amenant à hiérarchiser de fait l'objectif prioritaire à satisfaire. Les conflits d'objectifs à moyen et long terme détectés par anticipation sont beaucoup plus confortables pour l'opérateur. Par l'anticipation de l'évolution des paramètres (dérive, approche de seuil, ..), de l'état du système (indisponibilité prévue d'un système de secours) ou l'anticipation de l'effet de ses actions sur le procédé, l'opérateur peut détecter un conflit d'objectifs potentiel tout en ayant le temps de le traiter en exploitant ses capacités d'analyse, de simulation mentale et de hiérarchisation.

Ainsi, dans la conduite d'un réacteur nucléaire de puissance, les opérateurs maîtrisent la réaction nucléaire par des barres de contrôle (qui limitent la réaction nucléaire lorsqu'on les plonge dans le réacteur). Lorsque ce moyen arrive en limite d'efficacité, ils peuvent être amenés (par consigne) à injecter un produit (bore) dans les circuits d'eau afin de contenir la réaction. Il faudra ensuite, pour revenir en fonctionnement nominal, évacuer une partie de cette eau borée dans un réservoir pour la remplacer par de l'eau claire. Or, ce réservoir n'est pas vidangé régulièrement, il peut alors s'avérer pratiquement plein et limiter les possibilités de manœuvres ultérieures (diminuer la concentration en bore pour relancer la réactivité) et par là même la productivité. Dans cet exemple simplifié, les opérateurs ayant intégré le niveau élevé du réservoir dans leur conduite pourront mettre en œuvre, avant qu'il ne soit trop tard, d'autres mesures préventives permettant de limiter la réaction tout en évitant la situation de conflit d'objectifs entre sûreté et productivité. Par opposition, les opérateurs qui n'ont pas intégré le niveau élevé du réservoir dans leur conduite perdent la possibilité d'utiliser ces mesures préventives et peuvent dépasser un seuil au delà duquel, par consigne, ils se retrouveront confrontés au conflit d'objectifs sans possibilité d'actions autres que curatives.

6 DISCUSSION / CONCLUSION

Ces premières réflexions sur la détection et la gestion des conflits d'objectifs permettent de positionner les différents concepts d'une problématique de fond dans la conduite des systèmes à risques. L'analyse de cette activité de haut niveau, au cœur de l'expertise des opérateurs et à laquelle nous conférons, dans notre hypothèse, un architecture cognitive modulaire qui s'active en cas de besoin, nous semble riche d'enseignements pour rechercher des aides efficaces destinées à améliorer la sûreté de fonctionnement de ces installations. Aujourd'hui source d'erreurs (remontées par le retour d'expérience) et de réussites (transparentes au retour d'expérience) de la part des opérateurs, cette activité tend à être réduite par des procédures contraignantes ou l'introduction d'automatismes. L'analyse et la modélisation de cette activité, de ses capacités et limites, devrait permettre de rechercher des Interfaces Hommes-Machines soutenant cette activité et de mettre en évidence la plus-value apportée par les exploitants dans la satisfaction de ces objectifs de sûreté de fonctionnement. Si la hiérarchisation des priorités apparaît être fondamentale, comme nous l'avancions, son rôle sera à prendre en considération dans l'analyse des retours d'expérience comme dans la conception des systèmes d'aide à la conduite.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Amaldi, P. (1999) *Le rôle d'un modèle du diagnostic dans l'évaluation d'un système d'aide à la décision dans le contrôle aérien : le cas d'ERATO*. Thèse, Université de Toulouse le Mirail.
- Boudes, N. (1997) L'anticipation dans le contrôle des environnements dynamiques. Université de Toulouse-le-Mirail.
- Guillermain, H. (1995), *Sûreté de fonctionnement des systèmes socio-techniques, Prise en compte des facteurs humains*, Document interne TECHNICATOME.
- Hollnagel E. (1993), Models of cognition : procedural prototype and conceptual models, *Le travail humain*, 56, 1, 27-52.
- Klein G., Orasanu J., Calderwood R. [eds] (1993), *Decision Making in Action : Models and Methods*, Norwood New Jersey : ABLEX
- Laprie, J.-C., Arlat, J., Blanquart, J.-P., Costes, A., Crouzet, Y., Deswarte, Fabre, J.-C., Guillermain, H., Kaâniche, M., Kanoun, K., Mazet, C., Powell, D., Rabléjac, C., Thévenod, P. (1997), *Guide de la sûreté de fonctionnement*, CEPADUES Ed., Toulouse.
- Rasmussen, J. (1986), *Information processing and human machine interaction : an approach to cognitive engineering*. Amsterdam : North Holland.
- Marine, C., Cellier, J.M., Valax, M.F.(1988). *Dimension de l'expertise dans une tâche de régulation de trafic. Règles de traitement et profondeur du champ spatio-temporel*. *Psychologie Française*, 33, 3, 151-160.
- Papin, B., & Guillermain, H. (2001). *Conduite des processus à risques : approche par fonctions et aide à la gestion des conflits d'objectifs*. Soumis pour publication.