

→ C. Grusenmeyer,
Département Homme au travail,
Centre de Lorraine, INRS,
Vandœuvre-lès-Nancy

Interactions maintenance- exploitation et sécurité

Étude exploratoire

→ C. Grusenmeyer,
Département Homme au travail,
Centre de Lorraine, INRS,
Vandœuvre-lès-Nancy

Interactions maintenance-exploitation et sécurité

Étude exploratoire

MAINTENANCE-OPERATION INTERACTIONS AND SAFETY EXPLORATORY STUDY

The critical aspect of maintenance operations results not only from the nature of these activities, but also from their functional and organisational context and from the interactions between maintenance and production operators. The present paper will support this viewpoint through a study of maintenance situations and, more particularly, of interactions between maintenance and production operators. Firstly, a review of the literature taking into account these different aspects of maintenance work (tasks characteristics, functional and organisational relationships between maintenance and production, operators' interactions) is presented. Secondly, field studies carried out in two firms in order to better understand the role of these interactions in safety are described. During a scheduled outage in a nuclear power plant, the information flow related to maintenance operations, conveyed by maintenance and process control operators, was examined. The content analyses emphasize that, in the case of corrective maintenance, the interactions between maintenance and production operators are not numerous, while their relationships of interdependence are evaluated as important. In both cases, mutual regulations of maintenance and production operators' activities are observed. The consequences of these results for the safety of the operators and, more generally, for that of the socio-technical systems are discussed. Finally, some research prospects are considered.

● maintenance ● maintenance-operation interaction ● work organisation ● occupational safety ● functional communication

La criticité des opérations de maintenance, en termes de sécurité, résulte non seulement de la nature des activités concernées, mais aussi du contexte fonctionnel et organisationnel dans lequel elles s'insèrent et des interactions entre opérateurs de maintenance et d'exploitation. C'est le point de vue qui sera développé ici, à travers une étude des situations de maintenance et, plus particulièrement, des interactions entre opérateurs de maintenance et d'exploitation. Dans un premier temps, une analyse bibliographique prenant en compte ces différents aspects du travail de maintenance (nature des tâches, relations fonctionnelles et organisationnelles de la maintenance et de l'exploitation, interactions entre opérateurs) est présentée. Dans un deuxième temps, des analyses en situation, réalisées dans deux entreprises, dans le but de mieux comprendre le rôle de ces interactions pour la sécurité, sont exposées. L'examen du cheminement des informations véhiculées par la maintenance et la conduite, relativement aux interventions menées lors d'un arrêt programmé sur une chaufferie nucléaire, met en évidence la non-exhaustivité et la distribution de ces informations dans le temps et entre les différents opérateurs. Les analyses de contenus, réalisées à partir d'entretiens semi-directifs avec différents interlocuteurs dans une fonderie d'aluminium, montrent que les interactions des opérateurs de maintenance et de production, en situation de maintenance corrective, sont peu nombreuses, alors que leurs relations d'interdépendance sont jugées importantes. Dans les deux cas, des régulations mutuelles des activités des opérateurs de maintenance et d'exploitation sont observées. Les conséquences de ces résultats pour la sécurité des opérateurs et, plus généralement, pour celle des systèmes socio-techniques sont envisagées. Enfin, quelques perspectives d'études complémentaires sont considérées.

● maintenance ● sécurité ● organisation du travail ● interactions maintenance-exploitation ● communications fonctionnelles

Dans le cadre de l'étude des aspects organisationnels de la sécurité, l'analyse des situations de maintenance paraît particulièrement importante, pour plusieurs raisons.

En premier lieu, et de façon générale, les opérations de maintenance sont identifiées, depuis longtemps, comme des situations critiques pour la sécurité des opérateurs. Ainsi, les opérations de maintenance corrective, telles que les réparations ou dépannages par exemple, relèvent selon Faverge (1970) de situations de récupération, particulièrement dangereuses. Pour cet auteur en effet, «les situations de récupération pendant lesquelles on répare un engin qui vient de tomber en panne ou on rétablit une situation perturbée par un incident sont particulièrement propices aux accidents» (p. 302). Plus récemment, plusieurs études ont souligné les relations étroites qu'entretiennent la maintenance et la sécu-

rité. Les statistiques d'accidents rapportées dans un certain nombre de travaux tendent à montrer que, dans de nombreux secteurs, ces opérations constituent une source importante de risques. Une étude de 294 accidents, survenus dans l'industrie chimique, montre ainsi que 30 à 40 % d'entre eux ont eu lieu pendant les activités de maintenance (Hale et coll., 1998).

En second lieu, la fonction maintenance fait l'objet, pour des raisons économiques et technologiques (la complexité croissante des équipements et leur coût d'acquisition de plus en plus élevé), d'un intérêt croissant de la part des entreprises et connaît, depuis quelques années, une évolution importante (AFNOR, 1986a ; Lavina, 1994 ; Luxhoj et coll., 1997 ; Ray et coll., 2000). La recherche d'une augmentation de la disponibilité des équipements et d'une diminution des coûts et des temps de maintenance conduit nombre de ces entre-

ENCADRE 1

PRINCIPALES DÉFINITIONS RELATIVES À LA FONCTION MAINTENANCE

ÉQUIPEMENT

Tout bien, tout élément, composant, système, dispositif ou unité fonctionnelle que l'on peut considérer individuellement. Un équipement peut être décrit selon trois principaux états (Faverge, 1970 ; AFNOR, 1986a et b ; Villemeur, 1988) :

- **État de disponibilité**
L'équipement est simplement apte à accomplir la fonction requise, sans être en fonctionnement.
- **État de panne**
État caractérisé par une inaptitude de l'équipement à accomplir cette fonction.
- **État de fonctionnement**
État au cours duquel l'équipement accomplit la fonction requise.

MAINTENANCE

Combinaison de l'ensemble des actions techniques et administratives, destinées à maintenir ou à remettre un équipement dans un état lui permettant d'accomplir une fonction requise (Leplat et Savoyant, 1972 ; AFNOR, 1986a ; Villemeur, 1988 ; Fadier et Mazeau, 1996).

MAINTENANCE CORRECTIVE

Maintenance effectuée après détection d'une panne, d'une défaillance, d'un dysfonctionnement ou d'un défaut, et destinée à remettre l'équipement dans un état lui permettant d'accomplir la fonction requise ou cette fonction dans des conditions optimales. Différents types de maintenance corrective sont distingués (Leplat et Savoyant, 1972 ; AFNOR, 1986a et b ; Villemeur, 1988 ; Bertrand et Weill-Fassina, 1993) :

- **Maintenance corrective immédiate, différée ou opérationnelle**
Selon le délai de réponse existant entre la manifestation de l'élément déclencheur de l'intervention et sa réalisation.
- **Dépannage ou réparation**
Selon la nature provisoire ou définitive de l'intervention de maintenance.

MAINTENANCE PRÉVENTIVE

Maintenance réalisée à intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits, et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation du fonctionnement d'un équipement (Leplat et Savoyant, 1972 ; AFNOR, 1986a ; Villemeur, 1988 ; Fadier et Mazeau, 1996). Sont généralement différenciées :

- **Maintenance programmée ou systématique**
Opérée selon un échéancier établi d'après le temps ou le nombre d'unités d'usage.
- **Maintenance non programmée ou conditionnelle**
Effectuée en fonction d'un événement défini préalablement et révélateur de l'état de dégradation de l'équipement (mesure d'une usure, par exemple).

MAINTENANCE À ÉCHELLE MAJEURE

Maintenance effectuée dans le but de permettre l'accomplissement par l'équipement de fonctions nouvelles ou supplémentaires ou des mêmes fonctions dans de meilleures conditions, et fréquemment réalisée lors d'arrêts programmés du fonctionnement des équipements (De La Garza Corona, 1995). Sont distinguées :

- **Maintenance améliorative**
L'objectif est de modifier l'équipement afin d'augmenter sa sécurité, sa fiabilité, sa maintenabilité et/ou sa disponibilité.
- **Travaux neufs**
Travaux de construction, d'installation, de démarrage et de mise au point.

prises à réexaminer leur organisation de la maintenance et les relations de cette dernière avec l'exploitation. Les formes de prise en charge de la maintenance se sont ainsi multipliées. On observe, en particulier, des transferts de tâches de maintenance vers l'exploitation (auto-maintenance) et les entreprises sous-traitantes. Les services internes de maintenance sont, pour leur part, allégés et davantage centrés sur la gestion de cette dernière (Pidol et Hadjidakis, 1991 ; Brangier et coll., 1997).

Or, ces nouvelles organisations de la maintenance ne sont pas sans avoir un certain nombre de conséquences :

■ modifications de la nature du travail de maintenance, susceptibles de conduire à des pertes de connaissances des équipements par les services internes de maintenance, ceux-ci ayant essentiellement des activités de gestion (Dechez, 1991 ; Brangier et coll., 1997) ;

■ déplacement de la frontière entre les deux métiers que sont la maintenance et l'exploitation : modifications des exigences en termes de compétences des opérateurs concernés, modification du partage des tâches entre ces opérateurs et, quelquefois, difficultés relatives à l'identification de leurs attributions (Hagau, 1995 ; Foot et Petit, 1996) ;

■ mais aussi conséquences en termes de sécurité : le transfert des tâches de maintenance peut entraîner une perte de connaissances par les intervenants des risques encourus sur les installations (cas de la sous-traitance, par exemple ; Brangier et coll., 1997 ; Jean, 1999 ; Pereira et coll., 1999) ; les difficultés relatives à l'identification des tâches de maintenance qu'ils doivent prendre en charge peuvent conduire à ce que ni les opérateurs de production, ni ceux de maintenance n'effectuent les opérations en question, d'où des états de fonctionnement non optimaux, voire dangereux, des équipements (Hagau, 1995 ; Foot et Petit, 1996).

Enfin, les interactions entre opérateurs de maintenance et d'exploitation apparaissent déterminantes pour la sécurité des opérateurs. Une étude de la Direction des relations du travail du ministère de l'Emploi et de la Solidarité (1999) montre que 20 % des accidents du travail « sur machines », en 1997, sont survenus lors d'opérations de maintenance. Elle souligne également que 40 % d'entre eux ont fait suite à un incident de production ou se sont déroulés lors des phases de réglage ou de nettoyage, c'est-à-dire à des périodes où les opérateurs de maintenance et d'exploitation sont susceptibles d'interagir. Plusieurs travaux ont mis en exergue les risques associés à la coactivité de ces opérateurs (Leplat, 1965 ;

Faverge, 1970). Par ailleurs, la distance cognitive (1), qui caractérise leurs interactions selon certains auteurs, peut rendre difficiles les ajustements nécessaires à leur coopération (Lacoste, 1991 ; Sauvagnac, 1994 ; Foot et Petit, 1996). En outre, la survenue de plusieurs accidents du travail récents tend à conforter l'importance de ces interactions pour la sécurité des opérateurs concernés (Grusenmeyer, à paraître).

Ces différents éléments ont amené l'INRS à initier une étude sur le sujet. Elle était d'autant plus justifiée que relativement peu de travaux ont été consacrés à la maintenance et, plus particulièrement, aux incidences sur la sécurité :

- des évolutions de la fonction maintenance dans les entreprises,
- des interactions entre opérateurs de maintenance et d'exploitation.

L'objectif consistait à proposer une conception de la sécurité associée à la maintenance, qui permette de prendre en compte non seulement la nature des tâches des opérateurs, mais aussi leur contexte

(1) Le concept de distance cognitive fait référence « aux situations où une phase de travail en commun est rendue nécessaire pour des opérateurs qui peuvent avoir des connaissances ou des objectifs tout à fait différents, voire conflictuels et qui ne disposent pas, a priori, d'une représentation partagée de la tâche à réaliser » (Lasserre-Soria, 1995 ; voir également Courteix-Kherouf et Navarro, 1992).

fonctionnel et organisationnel, et enfin les aspects collectifs du travail de maintenance. En effet, dans le cadre défini brièvement précédemment, il est question :

- non seulement de la sécurité des opérateurs de maintenance lors de la réalisation de tâches de maintenance,
- mais aussi de celle des opérateurs d'exploitation liée à l'état des équipements induit par leur maintenance,
- ou encore de la sécurité des opérateurs d'exploitation lorsqu'ils prennent en charge de telles tâches.

La sécurité associée à la maintenance sera, par conséquent, considérée ici, non seulement comme la résultante de l'exécution de tâches de maintenance par les opérateurs, mais aussi comme celle, certes plus indirecte, des conditions organisationnelles, fonctionnelles et collectives de réalisation (ou de non-réalisation) de ces tâches. Une attention particulière sera ainsi accordée aux interactions entre opérateurs de maintenance et d'exploitation.

Dans une première étape, une étude bibliographique a été réalisée. Elle visait à identifier les incidences de la nature, mais aussi des conditions de réalisation (telles qu'elles viennent d'être précisées), des tâches de maintenance sur la sécurité. Puis, des analyses en situation (études de terrain) ont été effectuées dans deux entreprises (une fonderie d'aluminium et une chaufferie nucléaire). Ces analyses

exploratoires se sont essentiellement focalisées sur les aspects collectifs du travail de maintenance, et plus précisément sur les interactions entre opérateurs de maintenance et d'exploitation. L'objectif était d'appréhender leur rôle pour la sécurité des opérateurs et des systèmes socio-techniques. Précisons que, en référence à la conception systémique de l'accident du travail, selon laquelle ce dernier ne constitue qu'une expression parmi d'autres de certains modes de fonctionnement du système socio-technique, ces analyses ont concerné des situations « normales » (non accidentelles) de maintenance.

Ces différentes étapes seront présentées successivement. On exposera dans un premier temps quelques définitions et éléments de caractérisation :

- des tâches de maintenance,
- des relations entre fonctions maintenance et exploitation,
- des interactions des opérateurs concernés,
- de la criticité de ces différentes dimensions.

Puis on précisera :

- les deux situations étudiées,
- les méthodologies mises en œuvre,
- les principaux résultats obtenus.

Enfin, les résultats seront discutés et quelques perspectives d'étude seront envisagées.

Éléments de définition et de caractérisation des situations de maintenance et de leur criticité

Les situations de maintenance : éléments préalables de définition

L'analyse bibliographique résumée ici visait, en premier lieu, à acquérir des connaissances sur les tâches de maintenance, les relations fonctionnelles et organisationnelles de la maintenance et de l'exploitation, ainsi que sur les interactions des opérateurs concernés. Elle a ainsi comporté trois parties (précisons qu'il s'agit d'un découpage artificiel, chacune de ces dimensions entretenant de nombreuses relations avec les deux autres).

La première d'entre elles a porté sur la *fonction maintenance* (Grusenmeyer, 2000a).

L'objet de la maintenance, ses trois missions et, par conséquent, les trois principaux types de maintenance (*encadré 1*), ainsi que les principales tâches de maintenance ont été examinés. Le *tableau 1* présente les principales tâches de maintenance, selon le type de maintenance dont elles relèvent et leur déroulement temporel.

TABLEAU 1

PRINCIPALES TÂCHES DE MAINTENANCE - MAIN MAINTENANCE TASKS

		TYPES DE MAINTENANCE		
		CORRECTIVE	PRÉVENTIVE	À ÉCHELLE MAJEURE
DÉROULEMENT TEMPOREL DE L'INTERVENTION	Avant la réalisation de l'intervention	<ul style="list-style-type: none"> - Détection de la panne - Localisation de la panne - Diagnostic de la panne - Identification du niveau d'urgence de l'intervention - Préparation de l'intervention (*) - Autorisation de l'intervention - Consignation, condamnation et/ou dépose 	<ul style="list-style-type: none"> - Choix des équipements et points-clés à expertiser - Consultation, exploitation, analyse de la documentation, des fiches historiques des équipements, des fiches d'expertise - Détermination, vérification, modification de la fréquence de l'expertise ou des paramètres significatifs de l'état de l'équipement - Préparation des interventions, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Établissement et définition d'un cahier des charges - Choix et réception éventuels des nouveaux équipements - Étude technique de leur implantation et/ou des modifications à opérer - Préparation des interventions etc.
	Pendant la réalisation de l'intervention	<ul style="list-style-type: none"> - Réparation - Dépannage - Révision - Suivi des interventions menées 	<ul style="list-style-type: none"> - Inspection - Contrôle - Visite de maintenance - Test - Graissage, vidange, réglage, nettoyage - Suivi des interventions menées, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Modification - Modernisation - Rénovation - Construction - Reconstruction - Suivi des interventions menées, etc.
	Après la réalisation de l'intervention	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle - Déconsignation, repose et/ou remise en configuration de marche - Test de l'équipement - Réactualisation et analyse des informations de la fiche historique de l'équipement, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse et interprétation des résultats de l'expertise - Rédaction d'un rapport d'expertise - Si nécessaire, intervention après expertise - Gestion de la fiche historique de l'équipement et prévision des expertises futures, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification de conformité - Installation - Mise au point - Mise en service - Gestion/création de la fiche historique de l'équipement - Correction des plans, etc.

(*) Elle peut concerner différents points : la nature du travail à effectuer, les points-clés de l'intervention, les procédures de sécurité, la documentation, les outillages, moyens et pièces nécessaires, la définition du mode opératoire, la détermination des intervenants, de leur nombre, du temps prévu de l'intervention et de son critère principal (rapidité, coût ou précision, par exemple).

Une seconde partie a été consacrée aux *relations fonctionnelles et organisationnelles de la maintenance et de l'exploitation* (Grusenmeyer, 2000b).

Elle a permis de mettre en évidence :
■ au niveau fonctionnel, un certain nombre de relations de la maintenance et de l'exploitation (*encadré 2*) ;

■ au niveau organisationnel (*encadré 3*) :
● trois grandes politiques ou conceptions des relations maintenance-exploitation dans les entreprises,

ENCADRE 2

PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES D'USINAGE ET DE LEURS APPLICATIONS

Des fonctions ayant le même objet

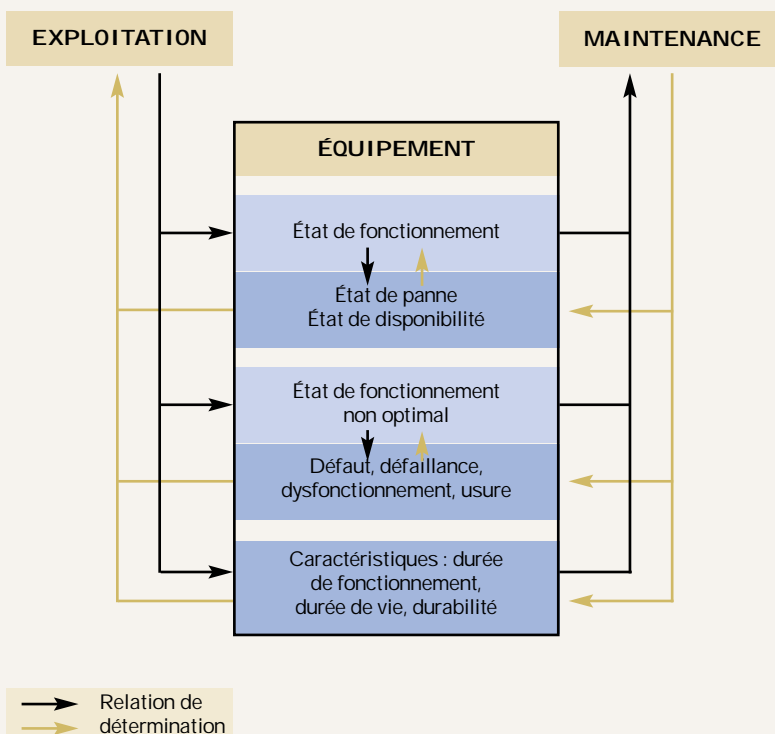
La maintenance et l'exploitation ont le même objet, à savoir l'équipement concerné. Ce dernier est ainsi à la fois sous la responsabilité de l'exploitation, en tant qu'utilisatrice de l'équipement, et sous celle de la maintenance, pour ce qui est de la disponibilité de ce dernier (Rabardel, 1995 ; Hagau, 1995).

Des objectifs immédiats différents, mais une mission commune

Les objectifs immédiats de ces deux fonctions sont différents (état de fonctionnement de l'équipement pour l'exploitation, état de disponibilité pour la maintenance), mais elles contribuent à la même mission : l'accomplissement par l'équipement de la fonction requise.

Des fonctions en relation de dépendance mutuelle

Les fonctions maintenance et exploitation entretiennent des relations d'interdépendance : l'exploitation pourra être d'autant mieux assurée que la maintenance de l'équipement sera efficace et la maintenance sera, à son tour, d'autant mieux assurée que l'exploitation de l'équipement (son utilisation, sa durée de fonctionnement, etc.) sera conforme (Leplat et Savoyant, 1972 ; Matziaras, 1984 ; AFNOR, 1986a et b ; Hagau, 1995).



Relations d'interdépendance des fonctions maintenance et exploitation

ENCADRE 3

RELATIONS DE LA MAINTENANCE

Trois grandes politiques ou conceptions des relations maintenance-exploitation dans les entreprises (AFNOR, 1986a et b ; Monchy, 1996) :

- *Prestation de service* de la maintenance pour l'exploitation

Il s'agit de la conception traditionnelle de la maintenance, selon laquelle cette dernière est subordonnée à l'exploitation. L'exploitation définit les objectifs, les méthodes, le programme et le budget de maintenance.

- *Horizontalité* des deux fonctions
Les méthodes, le programme et le budget de maintenance sont définis par cette dernière. La définition des objectifs et la responsabilité des coûts de maintenance relèvent soit de la direction, soit de l'exploitation.

- *Intégration ou responsabilité globale* des deux fonctions
Les fonctions maintenance et exploitation sont imbriquées ou ont fusionné en une fonction globale. Leurs objectifs et leurs moyens ne sont plus différenciés (par exemple, la télésurveillance permet à la fois l'exploitation de l'équipement et la télémaintenance).

• ainsi que différentes formes de prise en charge des tâches de maintenance, selon la participation respective des opérateurs de maintenance et d'exploitation à ces tâches.

Enfin, une troisième partie était relative aux *interactions des opérateurs concernés* (cf. Grusenmeyer, 2000c). Elle permet notamment de souligner que :

■ Les opérateurs de maintenance et d'exploitation disposent généralement (cas de la maintenance spécialisée) de *représentations fonctionnelles, d'instruments et de langages différents*, leurs tâches, activités et actions (et par conséquent, les éléments pertinents pour ces dernières) étant différentes, même si elles concernent les mêmes équipements (Lacoste et Rogard, 1988 ; Lacoste, 1991 ; Sauvagnac, 1994 ; Hagau, 1995 ; Lasserre-Soria, 1995).

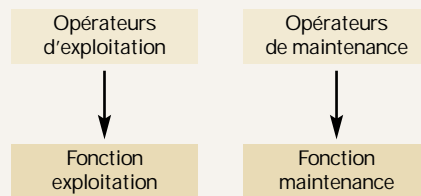
■ Si le diagnostic de pannes est généralement considéré comme une phase essentielle d'interaction entre opérateurs de maintenance et d'exploitation⁽²⁾ (Leplat et Savoyant, 1972 ; Abéla et Mazeau, 1996), *l'ensemble des tâches de maintenance peut également donner lieu à des interactions entre ces opérateurs* (cas de la préparation et de la définition des programmes de maintenance, de la consignation des équipements ou encore de la réalisation de l'intervention elle-même) ; l'interdépendance des fonctions maintenance et exploitation conduit en effet à ce que l'activité des uns soit tributaire des informations détenues par les autres ; ainsi les informations détenues par les opérateurs d'exploitation peuvent avoir un rôle déterminant dans le déroulement des interventions de maintenance et la connaissance précise des équipements dont dispose la maintenance peut être essentielle pour l'exploitation (Chabaud et coll., 1987 ; Lacoste, 1991 ; Lasserre et Chabaud, 1996 ; Fadier et Mazeau, 1996 ; Foot et Petit, 1996).

ORGANISATIONNELLES ET DE L'EXPLOITATION

Trois principales formes de prise en charge des tâches de maintenance (Leplat et Savoyant, 1972 ; Pidol et Hadjidakis, 1991) :

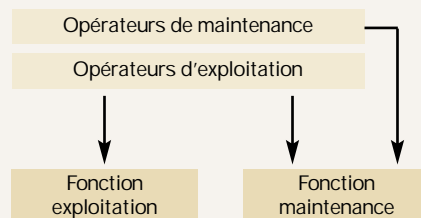
• Maintenance *spécialisée*

Les tâches de maintenance sont effectuées par les seuls opérateurs de maintenance. Cette maintenance spécialisée peut prendre différentes formes : elle peut être *centralisée* ou *géographique* et assurée par des opérateurs *spécialisés* ou *polyvalents*.



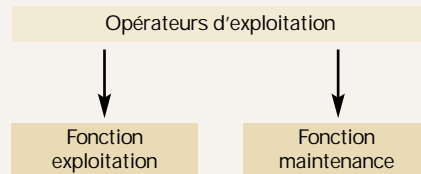
• Maintenance *partagée*

Les tâches de maintenance sont réalisées à la fois par les opérateurs de maintenance et d'exploitation. Ces derniers effectuent des tâches de maintenance à différentes occasions. Par exemple, ils prennent en charge l'essentiel des tâches de routine, ainsi que la maintenance de premier niveau (*).



• Maintenance *intégrée*

Les tâches de maintenance sont réalisées en grande partie par les opérateurs d'exploitation (cas des équipes mixtes maintenance-exploitation ou des situations dans lesquelles les opérateurs d'exploitation réalisent des interventions de maintenance préventive et assistent les opérateurs de maintenance en cas de dysfonctionnement et dans le diagnostic de pannes).



(*) La maintenance de premier niveau, encore appelée « entretien de régime » (cf. Leplat et Savoyant, 1972), concerne les « réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement », ainsi que les « échanges d'éléments consommables accessibles en toute sécurité, tels que (les) voyants ou certains fusibles » (AFNOR, 1986b, p. 395) ; le stock de pièces nécessaire à ces opérations de maintenance est très faible (AFNOR, 1986a).

(2) Sur le plan cognitif, le diagnostic de panne est considéré comme une chaîne d'activités dont les principales sont : la compréhension, c'est-à-dire l'organisation d'un ensemble d'éléments en une structure significative ; la finalisation de cette organisation par une décision explicite d'action ; la mise en œuvre de cette décision, de façon à modifier l'ensemble pour qu'il s'organise en une structure plus satisfaisante, et dont le but est une résolution de problème.

Une panne étant par définition un événement imprévu, les opérateurs d'exploitation sont, en tant qu'utilisateurs principaux des équipements (cf. supra : les relations fonctionnelles de la maintenance et l'exploitation), souvent les seuls à disposer d'informations sur son contexte d'apparition et sa manifestation. Ces informations sont essentielles pour les activités de compréhension, par exemple, mises en œuvre lors du diagnostic de panne par les opérateurs de maintenance (cf. Leplat et Savoyant, 1972 ; Lasserre et Chabaud, 1996). La relation de dépendance cognitive ainsi occasionnée (cf. Chabaud et coll. 1987) donne par conséquent un caractère primordial aux échanges d'informations entre opérateurs de maintenance et d'exploitation. Leur absence peut d'ailleurs conduire à des déposes des équipements non pertinentes, voire dangereuses (Abéla et Mazeau, 1996).

■ Outre l'équipement, qui constitue de fait un moyen d'interaction entre opérateurs de maintenance et d'exploitation (Hagau, 1995 ; Foot et Petit, 1996), ces derniers sont également en mesure d'interagir de façon plus active ; les *communications verbales* spontanées, fonctionnelles⁽³⁾ et non médiatisées (face-à-face) constituent *un mode d'interaction essentiel entre ces opérateurs* ; néanmoins, d'autres moyens d'interaction existent (ces derniers se sont d'ailleurs largement diversifiés depuis quelques années) : bons de travaux, systèmes de gestion de la Maintenance assistée par ordinateur, téléphone, fax, interphone, dispositifs de visualisation des équipements, réunions de travail quotidiennes, etc.

Quelques éléments contribuant à la criticité des situations de maintenance

En second lieu et sur la base de ces définitions préalables, l'analyse bibliographique menée a permis d'identifier a priori un certain nombre d'éléments susceptibles de contribuer à la criticité des situations de maintenance pour la sécurité des opérateurs.

C'est le cas de *certaines caractéristiques des tâches de maintenance*. Ainsi, l'*importante diversité* des tâches de maintenance rend difficile l'acquisition d'expérience concernant une tâche donnée et contribue à expliquer que seules certaines d'entre elles pourront être préparées. Les opérateurs doivent alors faire face à des situations souvent nouvelles pour eux et cette inexpérience des tâches à mener ou de leurs conditions d'exercice spécifiques augmente leur criticité (Faverge, 1970 ; AFNOR, 1986a ; De la Garza et Weill-Fassina, 1995 ; De la Garza, 2000). L'*incertitude intrinsèque* aux tâches de maintenance constitue également un élément de leur criticité. Elle suppose le développement d'activités de régulation souvent coûteuses (d'un point de vue cognitif, psychique et/ou physique) et la gestion fréquente d'aléas et d'imprévu par les opérateurs (Matziaras, 1984 ; Carballeda et coll., 1994 ; Bourrier, 1996 ; Garrigou et coll., 1998). De même, l'*absence*, dans la

majorité des cas, de *poste fixe de travail*, la *forte mobilité* nécessitée par les activités de maintenance et la variété des situations, dans lesquelles les opérateurs sont amenés à intervenir (De la Garza et Weill-Fassina, 1995 ; Garrigou et coll., 1998), ne facilitent pas la connaissance par ces derniers des risques présentés par ces différents environnements. Ces divers éléments peuvent en outre favoriser l'utilisation non conventionnelle d'outils (« catachrèse »), connue pour accroître les risques d'accidents (Bounot et coll., 1996). Enfin, le fait que les activités de maintenance nécessitent, dans la plupart des cas, des *interventions manuelles directes sur les équipements*, et mobilisent des *savoir-faire divers, souvent peu explicites* et rarement pris en compte dans la conception des équipements, contribue également à leur criticité (Vautrin et coll., 1992 ; Demor, 1996 ; Bounot et coll., 1996 ; Garrigou et coll., 1998).

D'autres éléments résultent des *relations fonctionnelles et organisationnelles* qu'entretiennent la maintenance et l'exploitation. Par exemple, le fait que ces deux fonctions aient les mêmes objets peut conduire à des *périodes de co-activité* des opérateurs concernés, situations connues comme étant propices aux accidents (cas de la mise en marche d'un équipement par l'exploitation, au moment où une intervention sur ce même équipement est réalisée par la maintenance ; Faverge, 1970 ; Leplat et Savoyant, 1972 ; Matziaras, 1984 ; De la Garza et Weill-Fassina, 1995). Notons que certaines formes de prise en charge de la maintenance peuvent augmenter la fréquence de ces situations. C'est le cas, par exemple, de la maintenance partagée, si l'arrêt des équipements est utilisé par l'exploitation, pour mener de la maintenance de premier niveau, mais également par la maintenance, pour effectuer des interventions de plus grande ampleur.

De même, le fait que ces deux fonctions aient des objectifs immédiats différents et entretiennent des relations d'interdépendance fonctionnelle peut donner lieu à des conflits *fonctionnement de l'équipement / disponibilité pour maintenance* (Leplat et Savoyant, 1972 ; Rousseau et Monteau, 1991 ; Sauvagnac, 1994 ; Abéla et Mazeau, 1996 ; Hale et coll., 1998 ; Pereira et coll., 1999), dont différentes situations critiques peuvent résulter :

■ réalisation des tâches de maintenance sous fortes contraintes temporelles (ce qui ne favorise pas l'analyse des conditions permettant d'assurer la sécurité des inter-

venants), sans avoir mené les actions nécessaires à la mise en sécurité de l'équipement et/ou alors même que ce dernier fonctionne ;

■ préférences données à des solutions provisoires de maintenance (dépannages plutôt que réparation), si elles sont moins coûteuses en temps ;

■ voire, report ou non-réalisation des interventions de maintenance requises (les opérateurs d'exploitation sont alors amenés à utiliser des équipements, dont l'état de fonctionnement est non optimal, voire dangereux).

Soulignons que les choix politiques effectués par l'entreprise en termes de relations maintenance-exploitation ne sont pas neutres de ce point de vue. Une relation de type prestation de service de la maintenance pour l'exploitation peut en effet accentuer ces conflits d'objectifs (Griffon-Fouco, 1987 ; Hagau, 1995 ; Garrigou et coll., 1998).

Par ailleurs, les opérateurs étant amenés à intervenir ou à réaliser des actions sur les mêmes équipements, *des risques* peuvent être liés à *l'articulation de leurs tâches*, même si ces dernières ne sont pas réalisées simultanément (Krawsky, 1970 ; AFNOR, 1986a). Les interventions de maintenance peuvent en effet modifier le fonctionnement de l'équipement, voire sa sécurité et, par conséquent supposer l'acquisition par l'exploitation de modes opératoires adaptés (Hale et coll., 1998).

Enfin, la criticité des situations de maintenance dépend également des *interactions des opérateurs de maintenance et d'exploitation*. L'*absence d'interaction*, l'*incompréhension* de ces opérateurs ou la *non-pertinence des informations transmises* peuvent en effet avoir de graves conséquences : consignations ou mises à disposition non pertinentes, voire dangereuses ; risque d'actionner des organes ou des équipements qui permettent un isolement ou sur lesquels une intervention est menée ; reprise en main de l'installation après intervention, sans disposer d'information sur cette dernière (Matziaras, 1984 ; De la Garza et Weill-Fassina, 1995 ; Abéla et Mazeau, 1996 ; De la Garza, 2000). Or, et selon l'organisation de la maintenance, les interactions de ces opérateurs peuvent être plus ou moins facilitées. Dans le cas d'une prise en charge spécialisée de la maintenance par exemple, leur coopération est souvent difficile, dans la mesure où les opérateurs disposent de représenta-

(3) Les *communications fonctionnelles* constituent celles « regardant directement le contenu du travail réalisé, (...) (et) échangées spontanément dans le cours même de l'activité » (Savoyant et Leplat, 1983, p. 247). L'analyse du discours des opérateurs sur leurs activités, ainsi que les communications prioritairement centrées sur les relations humaines dans l'équipe par exemple, en sont exclues (ibid.).

TABLEAU II

QUELQUES ÉLÉMENTS DESCRIPTIFS DES SITUATIONS ANALYSÉES
- SOME DESCRIPTIVE ELEMENTS OF THE SITUATIONS ANALYSED

		CHAUFFERIE NUCLÉAIRE	FONDERIE D'ALUMINIUM
CARACTÉRISTIQUES DES SITUATIONS	Type de maintenance	À échelle majeure	Essentiellement corrective
	Prise en charge de la maintenance	spécialisée et centralisée (opérateurs spécialisés)	- partagée (mise en place d'une TPM (*)) - spécialisée et centralisée (opérateurs spécialisés/polyvalents) - spécialisée et géographique (opérateurs polyvalents)
	Modes d'interaction	Nombreux - fiche d'intervention et de travaux - fiche de coordination - cellule de coordination - échanges verbaux, etc.	Peu nombreux - demande d'intervention - échanges verbaux
	Planification des travaux	Forte	Faible
	Prescriptions relatives aux interventions	Importantes - procédures d'intervention - procédure d'assurance qualité - compte rendu d'intervention - dossier d'intervention, etc.	Peu importantes (absence de consignes)

(*) La TPM (« Total Productive Maintenance ») est une « philosophie » japonaise de la maintenance industrielle, selon laquelle les opérateurs d'exploitation doivent entretenir et maintenir leurs machines (Lavina, 1994). Elle concerne la prise en charge de la maintenance de premier niveau par ces opérateurs.

tions, de priorités et de langages professionnels différents (Lacoste, 1991 ; Hagau, 1995 ; Foot et Petit, 1996). Les prises en charge géographiques de la maintenance semblent en revanche favoriser cette coopération dans un certain nombre de cas. Elles peuvent en effet :

- faciliter l'accès aux informations détenues par l'autre, les opérateurs étant sur place,
- diminuer les délais avec lesquels les interventions sont menées et ainsi, les sources de conflit entre opérateurs,
- ou encore leur permettre de mieux connaître leurs façons respectives de travailler (Leplat et Savoyant, 1972 ; Abéla et Mazeau, 1996 ; Foot et Petit, 1996).

Analyses en situation

Dans une deuxième phase, des analyses en situation ont été menées sur deux terrains d'étude. Rappelons qu'elles visaient notamment à appréhender le rôle que pouvaient avoir les aspects collectifs du travail de maintenance et, plus précisément, les interactions entre opérateurs de maintenance et d'exploitation, sur la sécurité. Ces deux situations d'analyse seront d'abord présentées. Puis, pour chacune d'entre

elles, les méthodologies mises en œuvre, le recueil des données effectué et les principaux résultats obtenus seront précisés.

Situations analysées

Des analyses ont pu être menées dans deux entreprises : une chaufferie nucléaire et une fonderie d'aluminium. Ces deux situations d'analyse étaient très contrastées, ce qui devait permettre d'avoir une vision assez large des situations de maintenance et d'interaction entre opérateurs de maintenance et d'exploitation. Elles se distinguaient en effet, comme le montre le *tableau II*, sur un certain nombre de points : le type de maintenance concerné, la prise en charge de la maintenance dans l'entreprise, les modes d'interaction entre opérateurs de maintenance et d'exploitation, le degré de planification des travaux et l'importance des prescriptions relatives aux interventions de maintenance.

En outre, chacune de ces situations d'analyse présentait un intérêt propre. Les situations de maintenance à échelle majeure sur les chaufferies nucléaires sont en effet considérées comme un des exercices les plus difficiles sur ce type de processus (Kandaroun et Huez, 1992 ; Bourrier, 1996), du fait notamment du caractère crucial que prennent les interac-

tions entre opérateurs de maintenance et d'exploitation dans ces situations (les chaufferies n'étant jamais complètement arrêtées, la maintenance ne peut, la plupart du temps, intervenir sans autorisation des exploitants). L'importance des risques présentés par l'industrie de la fonderie (INRS, 1991 ; Bézard et coll., 1993), la coexistence de différentes formes de prise en charge de la maintenance et le fait que les interventions menées soient essentiellement de type correctif⁽⁴⁾ ont constitué quelques-uns des éléments ayant déterminé le choix du second terrain d'étude.

Pour chacune de ces situations successivement, les analyses effectuées et les principaux résultats obtenus seront maintenant présentés. Précisons que, les modes d'interaction des opérateurs étant différents dans chaque cas, et les conditions d'intervention n'ayant permis ni l'observation de la réalisation des interventions de maintenance, ni le recueil des interactions verbales entre intervenants et opérateurs d'exploitation, les méthodes utilisées ont été différentes sur les deux terrains d'étude.

(4) La maintenance corrective nécessite généralement davantage d'interactions entre opérateurs de maintenance et d'exploitation, dans la mesure où les pannes ou dysfonctionnements sont fréquemment détectés par ces derniers opérateurs. Par ailleurs, le caractère d'urgence est souvent plus important pour ce type d'interventions.

Analyses et principaux résultats obtenus lors d'une situation de maintenance à échelle majeure sur une chaufferie nucléaire

Méthodologie

La méthodologie mise en œuvre dans la chaufferie nucléaire a concerné la gestion de l'information relative aux interventions de maintenance, par les opérateurs de maintenance et de conduite. Elle a été centrée sur deux moyens d'information leur permettant d'effectuer un suivi des interventions menées sur l'installation : les réunions de coordination et les fiches de coordination des interventions et travaux. Plusieurs raisons ont guidé ce choix :

- en premier lieu, ces activités de suivi supposent des interactions entre opérateurs de maintenance et d'exploitation ;

- elles sont identifiées comme des activités déterminantes pour la sécurité des interventions et la maîtrise des installations (Abéla et Mazeau, 1996) ;

- par ailleurs, la focalisation sur ces deux sources d'information permettait de mettre en œuvre une méthodologie proche de la technique de l'identification du cheminement de l'information proposée par Davis en 1953, et ainsi de répondre aux difficultés méthodologiques posées par l'étude des communications (au sens large de ce terme), lorsque l'investigation se situe non plus au niveau d'un petit groupe, mais à celui d'un service important ; une telle méthodologie permet, en effet, d'appréhender un réseau dont la taille est importante (Leplat et Cuny, 1977) ; son principe est le suivant : « *un message particulier, une demande de matériel ou de réparation d'un appareil, par exemple, est choisi*

pour être suivi de son point de départ à son point d'arrivée » (ibid., p. 168).

Des analyses diachroniques des transmissions d'information relatives aux interventions de maintenance, effectuées par les opérateurs de maintenance et de conduite, grâce aux réunions et aux fiches de coordination, ont donc été menées (fig. 1). Elles ont consisté à examiner les informations véhiculées sur les interventions de maintenance lors de quatre étapes dans le suivi des travaux, ainsi que la concordance de ces informations.

Données recueillies et traitements effectués

Les données recueillies ont été les suivantes :

- Sept réunions de coordination ont été observées (cf. fig. 1) ; elles permettent aux opérateurs de maintenance de planifier les interventions du lendemain (étape 1) et d'effectuer un bilan des travaux menés dans la journée (étape 3).

- Quatorze fiches de coordination ont été collectées : 7 à l'issue des réunions, le jour précédant l'exécution des travaux (étape 2), et 7 annotées par les chefs de quart, le jour de leur réalisation (étape 4).

- Sept autoconfrontations ont été réalisées avec les coordinateurs des travaux, sur la base des enregistrements audiovisuels des réunions de coordination.

Les traitements ont consisté en une mise en correspondance des intitulés des interventions issus des différentes sources d'information, des analyses qualitatives des informations apportées relativement à ces travaux, ainsi que des comptages du

nombre d'interventions observées à chacune de ces étapes et des travaux communs à deux étapes successives.

Principaux résultats

Les résultats relatifs au cheminement de l'information concernant les interventions de maintenance menées lors de l'arrêt programmé sur la chaufferie nucléaire sont présentés en figure 2.

Ils mettent en évidence :

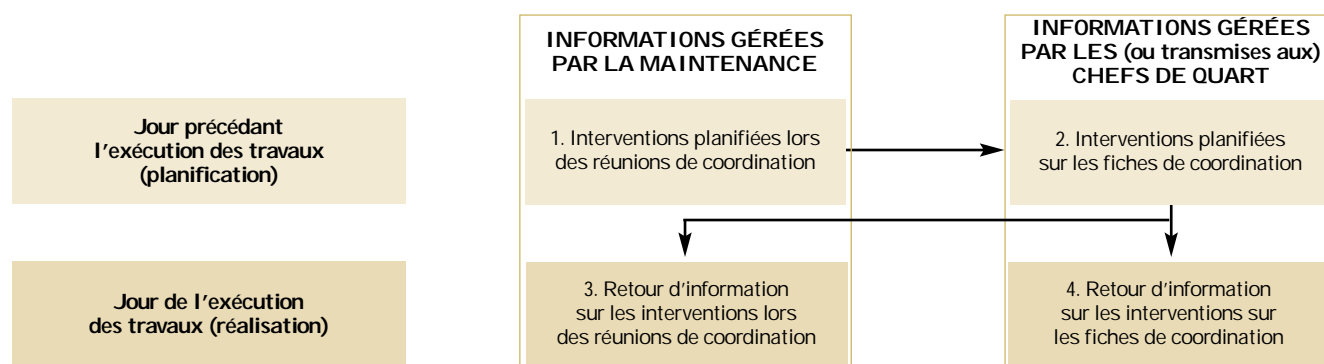
- la *non-exhaustivité des informations* pour chacune des sources d'information étudiées : à aucune des quatre étapes de suivi des travaux, l'ensemble des interventions (au total, 292 interventions) n'est observé ; en effet, 71 % d'entre elles sont observées lors de la première étape de suivi des travaux, 73 % lors de la seconde étape, 69 % lors de la troisième étape et 30 % lors de la dernière étape ;

- des *écarts relativement importants* entre ces différentes étapes (gains et pertes d'information), notamment entre les informations gérées par les chefs de quart, le jour de la réalisation des travaux, et celles observées aux trois étapes précédentes ; ainsi, 49 % des interventions de maintenance planifiées sur les fiches de coordination, transmises aux chefs de quart, ne font pas l'objet d'un retour d'information de leur part, le jour de leur réalisation ;

- une *distribution, et non un partage, des informations* relatives aux interventions de maintenance ; cette distribution se fait à la fois dans le temps et sur les personnes ; la maintenance dispose ainsi d'informations que les chefs de quart ne paraissent pas posséder et ces derniers ont, dans une moindre mesure, des élé-

Fig. 1. Cheminement de l'information relative aux interventions de maintenance (chaufferie nucléaire)

- Information flow related to maintenance operations (nuclear power plant)



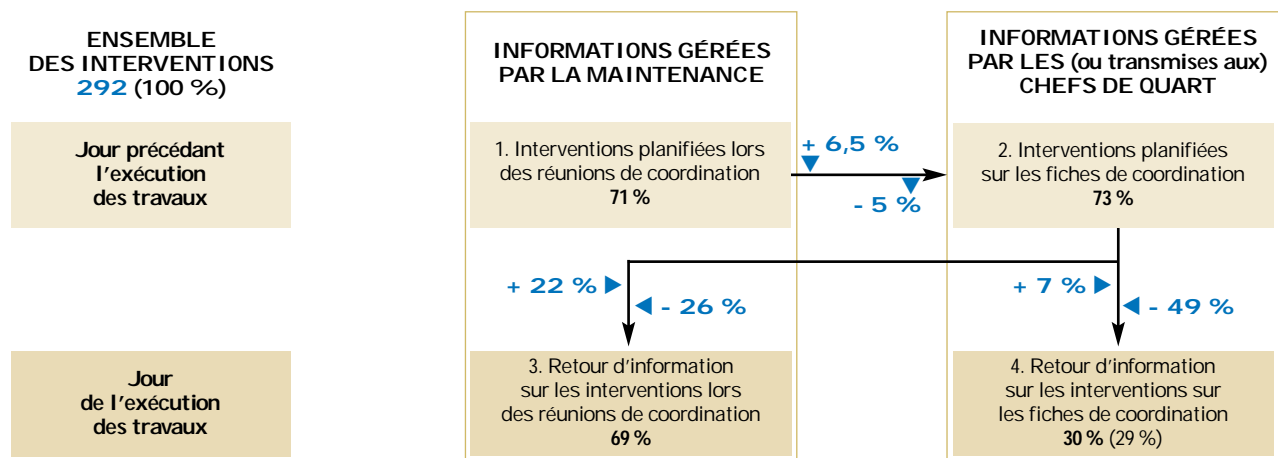


Fig. 2. Synthèse du cheminement de l'information (chaufferie nucléaire) - *Synthesis of the information flow (nuclear power plant)*

La figure se lit de gauche à droite et de haut en bas (de l'étape 1 à l'étape 4).

- Les pourcentages à chaque étape correspondent au rapport suivant : (nombre d'interventions observées à chaque étape / nombre d'interventions observées à l'ensemble des 4 étapes) x 100.

- Les pourcentages indiqués entre deux étapes consécutives correspondent à des gains ou des pertes d'informations d'une étape à l'autre. Par exemple, l'indication + 6,5 % entre les étapes 1 et 2 signifie que 6,5 % des interventions planifiées sur les fiches de coordination transmises aux chefs de quart à l'issue des réunions de coordination, le jour précédent l'exécution des travaux (étape 2), n'ont pas été évoquées à ces réunions (étape 1). L'indication - 5 % entre ces mêmes étapes signifie que 5 % des interventions planifiées par la maintenance lors des réunions de coordination, le jour précédent l'exécution des travaux (étape 1), n'ont pas été listées sur les fiches transmises aux chefs de quart, à l'issue de ces réunions (étape 2).

- Les chiffres entre parenthèses sont relatifs aux seules interventions soumises à l'autorisation des chefs de quart.

ments d'information qui ne sont pas véhiculés lors des réunions de coordination.

Plusieurs facteurs contribuant à la non-exhaustivité et à la distribution de l'information observée ont pu être identifiés (pour plus de précisions, cf. Grusenmeyer, 1998, 2000d).

Certains d'entre eux résultent directement de la gestion prescrite des interventions de maintenance. Ainsi, seules les interventions effectivement menées et soumises à l'autorisation des chefs de quart doivent faire l'objet de transmissions d'information, selon la procédure.

D'autres éléments explicatifs concernent les multiples fonctions des réunions de coordination ou le fort turn-over des participants à ces dernières. La concomitance des réunions de coordination avec la réalisation des travaux peut en effet amener les opérateurs de maintenance à privilégier l'action au détriment de la gestion de l'information, d'autant qu'un grand nombre d'interventions est à mener dans un délai donné lors de ces arrêts programmés.

En outre, la double gestion de l'information, essentiellement écrite pour les chefs de quart, et principalement orale pour la maintenance, est également déterminante. La gestion écrite de l'information se caractérise en effet par une moindre

réactivité, tandis que le mode de transmission oral de l'information, bien que plus réactif, est davantage sujet à des omissions et à des « processus de réduction », résultant d'une focalisation des opérateurs de maintenance sur les interventions les plus importantes (Abric, 1996).

Enfin, la gestion des fiches de coordination par les chefs de quart peut être perturbée par la réalisation par ces derniers d'activités nécessaires à l'accomplissement des interventions de maintenance (dispositions de conduite à prendre en relation avec ces travaux, essais de remise en service des équipements, par exemple).

Analyses et principaux résultats relatifs à la maintenance corrective dans une fonderie d'aluminium

Méthodologie

Dans la fonderie d'aluminium, des entretiens semi-directifs ont été menés avec différents interlocuteurs concernés par les activités de maintenance. Ils devaient notamment permettre de :

■ comprendre les difficultés et les risques éventuels associés à la prise en charge d'activités de maintenance par l'exploitation (mise en place d'une TPM ⁽⁵⁾) ; plusieurs études ont en effet montré que ce type d'évolution n'était pas sans poser des difficultés ; néanmoins, certains travaux (Foot et Petit, 1996 ; Courteix-Kherouf et Navarro, 1992) laissent penser que la maintenance partagée pourrait favoriser une réduction de la distance cognitive caractérisant les interactions des opérateurs de maintenance et d'exploitation et ainsi les faciliter ;

■ appréhender les conséquences des prises en charge centralisée et géographique de la maintenance sur la réalisation des interventions et les interactions des opérateurs de maintenance et de production ; une organisation géographique de la maintenance pourrait faciliter ces interactions, dans la mesure où elle peut contribuer à diminuer le délai des interventions (Leplat et Savoyant, 1972) et à mettre ces opérateurs en coprésence de façon plus importante (De Terssac et Chabaud, 1990) ;

(5) TPM : Total Productive Maintenance (cf. tableau II).

■ ■ recueillir des informations sur les interactions de ces opérateurs, les périodes auxquelles elles ont lieu et les difficultés éventuelles qu'elles peuvent poser.

Données recueillies et traitements effectués

Dix-huit entretiens ont été menés avec différents interlocuteurs : 6 opérateurs de production, 6 opérateurs de maintenance, 3 opérateurs impliqués dans d'autres activités de maintenance que celles menées sur les équipements de production et de type correctif et préventif, ainsi que 3 autres interlocuteurs. La moitié des opérateurs de production et de maintenance étaient concernés par une prise en charge géographique de la maintenance, et l'autre moitié par une prise en charge centralisée.

Les informations issues des entretiens ont fait l'objet d'une analyse de contenu (comptages et analyses cliniques) par thèmes. Quatre d'entre eux correspondaient aux objectifs de l'étude précisés antérieurement. Par ailleurs, la Gestion de la maintenance assistée par ordinateur dans l'entreprise, de même que celle des pièces de rechange, ayant été des sujets fréquemment évoqués au cours des entretiens, une attention particulière leur a été accordée. Précisons que ces différents thèmes n'ont pas été abordés à l'occasion

de l'ensemble des entretiens, certains d'entre eux n'étant guère pertinents eu égard aux fonctions des personnes rencontrées, d'autres n'ayant pas été évoqués spontanément par les interlocuteurs.

Principaux résultats

Quelques-uns des résultats relatifs à deux des thèmes traités, la prise en charge d'activités de maintenance par la production et les interactions entre opérateurs de maintenance et de production, sont présentés dans le *tableau III* (pour une présentation exhaustive des résultats, cf. Grusenmeyer, 2000e).

Ces résultats mettent, en premier lieu, en évidence une *forte diversité des activités de maintenance assurées par la production* : maintenance de premier niveau, mais aussi dépannages des équipements et participation aux interventions menées par les opérateurs de maintenance.

La réalisation de ces dernières activités s'explique en partie par la confusion effectuée par un certain nombre d'opérateurs entre opérations de maintenance de premier niveau et dépannages (cf. tableau III). Elles semblent également correspondre à des régulations ou récupérations par les opérateurs de production de :

■ ■ la charge de travail des opérateurs de maintenance ; ces derniers ne pouvant intervenir ou n'étant pas disponibles dans les délais souhaités, les opérateurs de production prennent en charge les opérations de maintenance correspondantes ;

■ ■ mais aussi des conditions d'intervention des opérateurs de maintenance : les opérateurs de production peuvent apporter une aide aux opérateurs de maintenance, si ceux-ci se trouvent seuls pour mener des opérations nécessitant d'être à plusieurs.

La réalisation de la maintenance de premier niveau par les opérateurs de production se caractérise, pour sa part, par une forte variabilité : variabilité dans le degré de prise en charge de ces opérations, dans la nature des activités menées et leur période de réalisation.

Les activités de maintenance assurées par les opérateurs de production vont donc à la fois au-delà des tâches qui leur sont définies dans le cadre de l'application de la TPM⁽⁶⁾, en même temps qu'elles ne correspondent qu'à une application partielle de cette politique de maintenance.

Les résultats montrent, par ailleurs, une *forte variabilité des interactions entre opérateurs de maintenance et de production* (cf. tableau III) : variabilité relative à leur contenu (cas des informations disponibles sur les demandes d'intervention), aux personnes concernées (contrôles et remise en marche des équipements effectués par la maintenance, la production ou en commun), à leur moment d'apparition dans le déroulement des interventions (échanges verbaux avant, pendant ou après les interventions), mais surtout variabilité associée au fait que ces interactions ne sont pas systématiques.

Les résultats mettent en effet en évidence que :

- les interventions de maintenance ne font pas toujours l'objet d'une demande d'intervention, ce qui pose la question de leur traçabilité ;
- les phases de pré-diagnostic et de suivi des travaux ne sont pas systématiques ;
- il n'y a pas non plus, de façon systématique, d'échanges verbaux entre opérateurs de maintenance et de production, que cela soit avant, pendant ou à l'issue de l'intervention.

TABLEAU III

QUELQUES ÉLÉMENTS DE RÉSULTATS ISSUS DES ENTRETIENS MENÉS DANS LA FONDERIE - SOME RESULTS STEMMING FROM INTERVIEWS CONDUCTED IN THE ALUMINIUM SMELTING PLANT

Prise en charge de la maintenance par la production : 14 entretiens
Type d'activités assurées :
Maintenance de premier niveau (n = 10)
Autres opérations de maintenance (n = 8)
◆ dépannages (n = 6)
◆ participation aux diagnostics de la maintenance (n = 4)
◆ assistance des opérateurs de maintenance dans la réalisation des interventions (n = 5)
Confusion maintenance de premier niveau/dépannage : 4 entretiens
Interactions des opérateurs de maintenance et de production : 17 entretiens
Activités des opérateurs de maintenance et de production aux différentes étapes d'une intervention : 14 entretiens
Emission des demandes d'intervention (n = 13)
◆ Non systématiquement réalisées par le responsable de production (n = 9)
◆ Non systématiques (n = 8)
◆ A l'issue des interventions (n = 5)
Phase de prédiagnostic/diagnostic des pannes (n = 7)
◆ Forte variabilité du contenu des demandes d'intervention (n = 5)
◆ Pré-diagnostic par la maintenance non systématique (n = 6)
◆ Echanges verbaux maintenance-production non systématiques (n = 4)
Activités de suivi de la réalisation des interventions (n = 9)
◆ Effectives (n = 6)
◆ Non systématiques (n = 3)
Prise en charge des contrôles, tests et remise en marche variable : 6 entretiens
Retour d'information de la maintenance à la production non systématique : 6 entretiens

⁽⁶⁾ TPM : Total Productive Maintenance (cf. tableau II).

Les interactions de ces opérateurs sont ainsi relativement peu nombreuses, alors que leurs relations d'interdépendance sont, si l'on s'en réfère aux déclarations recueillies, importantes (sur ce point, cf. Grusenmeyer, 2000e).

Discussion et conclusions

En premier lieu, et du point de vue des collectifs de travail, cette étude souligne l'importance des régulations mutuelles des activités des opérateurs de maintenance et d'exploitation dans les deux situations analysées.

En effet, les observations non instrumentées, qui ont pu être effectuées dans la salle de conduite de la chaufferie nucléaire, tendent à montrer que les chefs de quart ont un rôle important, non seulement dans la coordination des différentes interventions de maintenance, mais également dans celle des différents secteurs de maintenance. Ce rôle informel des chefs de quart est à mettre en relation :

- d'une part, avec la distribution de l'information observée, dans la mesure où elle donne lieu à des activités de recherche d'informations de la part des opérateurs de maintenance ;

- d'autre part, avec l'organisation de la maintenance mise en place ; du fait d'une prise en charge spécialisée de la maintenance, organisée par métiers, les chefs de quart sont les seuls opérateurs susceptibles de disposer d'une représentation de l'ensemble de l'installation ;

- enfin, avec les caractéristiques des activités de maintenance, et notamment la forte mobilité des opérateurs concernés et la variété de leurs situations d'intervention ; celles-ci font en effet des chefs de quart de rares interlocuteurs aisément localisables.

De la même façon, les résultats obtenus dans la fonderie ont montré que les opérateurs de production pouvaient prendre en charge un certain nombre d'activités de maintenance, qui vont au-delà de leurs attributions. La réalisation de ces activités leur permet de pallier les problèmes liés à la charge de travail ou aux conditions d'intervention des opérateurs de maintenance, mais aussi d'augmenter la durée potentielle de fonctionnement de leurs équipements et ainsi, d'accomplir leurs missions.

Si ces régulations sont fonctionnelles, *il y a toutefois lieu de s'interroger sur leurs conséquences pour la sécurité* des opérateurs.

Sur la base des documents analysés, les chefs de quart ne paraissent pas être les personnes les mieux informées. Ils sont en outre :

- responsables des consignations et dispositions à prendre en relation avec les différentes interventions,
- chargés de veiller à l'application des règles de sécurité,
- les dernières personnes à contrôler la compatibilité des opérations avec l'installation.

L'absence d'information sur la réalisation d'une opération de maintenance pourrait, par conséquent, les amener à autoriser une intervention incompatible avec cette dernière, et à placer les opérateurs de maintenance dans des situations potentiellement dangereuses.

De la même façon, la prise en charge de dépannages et la participation des opérateurs de production à la réalisation des interventions de maintenance dans la fonderie constituent des sources potentielles de risques. En effet, ces opérateurs ne disposent pas des informations, des moyens, des outils, ou encore des connaissances et compétences nécessaires à la réalisation de ces opérations, ce qui peut mettre en péril leur propre sécurité. De plus, les solutions provisoires, qu'ils sont susceptibles d'apporter aux pannes ou dysfonctionnements, risquent de ne pas être suivies de solutions définitives (réparations), perdurer et occasionner des états de fonctionnement ou de disponibilité des équipements non optimaux, susceptibles de se révéler dangereux pour eux-mêmes ou pour autrui.

Les résultats tendent par ailleurs à montrer, dans chacune des situations, une focalisation des opérateurs sur l'action, souvent au détriment de la gestion de l'information.

Cette primauté de l'action sur la gestion de l'information contribue en effet à expliquer le fort turn-over des participants aux réunions de coordination, observé sur la chaufferie nucléaire, mais aussi le fait que le pré-diagnostic des pannes par les opérateurs de maintenance et les échanges verbaux de ces derniers avec les opérateurs de production ne soient pas, sur la base des entretiens menés dans la fonderie, systématiques (« cela permet de gagner du temps »). En outre, il a été montré pré-

cedemment que la procédure d'assurance qualité mise en place sur la chaufferie, spécifiait les informations à véhiculer, lorsque les interventions de maintenance étaient sur le point d'être réalisées, mais qu'aucune indication sur les tâches à accomplir n'était fournie, si les travaux devaient être reportés ou annulés.

Ces modes de fonctionnement sont bien évidemment moins coûteux en termes de volumes d'informations à gérer. Et les contraintes temporelles importantes, auxquelles sont le plus souvent soumises les interventions de maintenance, ne favorisent pas l'application d'un autre mode de gestion de l'information. En outre, la « valeur négative » portée par l'information relative au report d'une intervention de maintenance dans de tels contextes, ne facilite sans doute pas la transmission d'une telle information.

Il reste que de tels modes de fonctionnement peuvent avoir des conséquences fâcheuses. Ainsi, des consignations ou déposes des équipements non pertinentes, voire dangereuses, sont susceptibles d'être effectuées, en l'absence d'échanges verbaux entre opérateurs de maintenance et d'exploitation, lors des phases de diagnostic des pannes ou dysfonctionnements (Abéla et Mazeau, 1996). Et les opérateurs d'exploitation pourraient être amenés à autoriser des interventions de maintenance non prévues et incompatibles avec d'autres, parce qu'ils ont déduit d'une absence d'information sur ces dernières leur non-réalisation.

De façon plus générale, les résultats soulignent dans les deux situations analysées, et bien que celles-ci soient très contrastées, d'une part, l'importance des interactions entre opérateurs de maintenance et d'exploitation pour la sécurité, et d'autre part, des modes de fonctionnement très proches, même s'ils prennent des formes différentes.

Ils illustrent également le fait que les relations fonctionnelles et organisationnelles de la maintenance et de l'exploitation déterminent les conditions collectives de réalisation des tâches de maintenance et d'interaction entre ces opérateurs, ces dernières influant à leur tour sur leurs activités de travail et interactions réelles et, par conséquent, sur leur sécurité. Ainsi, la prise en charge de dépannages par les opérateurs de production dans la fonderie, dont les conséquences en termes de sécurité ont été soulignées précédemment, résultent à la fois :

■ des relations fonctionnelles de la maintenance et de l'exploitation : état d'indisponibilité de l'équipement pour la production en l'attente d'une intervention de maintenance, incompatible avec les contraintes de productivité ;

■ de leurs relations organisationnelles : prise en charge prescrite de tâches de maintenance par la production ; organisation du secteur de maintenance centralisée conduisant à une indisponibilité de ces opérateurs dans les délais souhaités et à une charge de travail importante de ces derniers ;

■ des conditions collectives de réalisation des tâches de maintenance et d'interaction entre opérateurs de maintenance et d'exploitation : ambiguïtés et confusions relatives à la répartition des tâches de maintenance entre opérateurs de maintenance et de production.

Par conséquent, et selon nous, ces résultats confortent l'intérêt d'une conception de la sécurité associée à la maintenance, en tant que résultante de l'exécution de telles tâches et des conditions fonctionnelles, organisationnelles et collectives de leur réalisation.

Précisons également que ces différents constats ont fait l'objet de suggestions d'aménagement formulées à chacune des deux entreprises (pour plus de précisions, cf. Grusenmeyer, 1998, 2000d). Dans la première entreprise par exemple, une sensibilisation au rôle des chefs de quart dans la coordination des interventions de maintenance et des différents secteurs de maintenance, à l'importance du fait qu'ils puissent disposer des informations relatives aux interventions, mais également, et de façon plus générale, à l'importance du retour d'information sur les travaux (qu'ils aient ou non été réalisés), a été effectuée. Un tel retour d'information doit en effet permettre d'une part, d'éviter de contraindre une intervention sans raison, et d'autre part, d'éviter l'autorisation d'intervention incompatible avec d'autres (ces dernières étant supposées ne pas être menées). Dans la deuxième entreprise, il a été proposé qu'une information et une diffusion d'une documentation, auprès des opérateurs de production, sur les activités de maintenance qu'ils doivent prendre en charge (mais aussi, sur celles qu'ils ne doivent pas effectuer) soit réalisée. Il apparaît en effet primordial qu'un tel élargissement des tâches, et plus généralement, toute modification de la prise en charge des tâches de maintenance, soient largement

accompagnés. Il a, en outre, été suggéré que les activités de contrôle des interventions et de remise en marche des équipements soient effectuées conjointement par les opérateurs de maintenance et d'exploitation, dans la mesure où les premiers disposent des informations sur les travaux effectués et les seconds, de celles relatives à l'utilisation de l'équipement. La réalisation conjointe de ces opérations devraient faciliter les interactions verbales des opérateurs et par conséquent, la reprise en main de l'installation dans de bonnes conditions.

Soulignons, enfin, que cette étude n'aurait pu se faire, sans la collaboration active des deux entreprises et des services Prévention des Caisses régionales d'assurance maladie d'Auvergne et du Sud-Est, et qu'à l'initiative de ces dernières et en partenariat avec elles, des actions de sensibilisation des entreprises et des préventeurs à la criticité des activités de maintenance et des interactions entre opérateurs de maintenance et d'exploitation ont été menées et doivent être poursuivies.

Perspectives

Cette étude a permis de souligner la criticité des situations de maintenance et de mener des analyses macroscopiques de ces situations dans deux cadres très contrastés. Toutefois, à l'issue de cette étude, il apparaît pertinent :

■ **du point de vue de la prévention** : de mieux évaluer les relations étroites qu'entretiennent la maintenance et la sécurité, par une caractérisation des accidents liés à la maintenance et une identification des facteurs ayant contribué à ces accidents (exploitation de la base de données EPI-CEA et analyses de comptes rendus d'accidents) ; la plupart des données disponibles à ce propos sont en effet issues, soit d'études relatives à une situation particulière, soit d'analyses quantitatives globales d'accidents, menées à l'étranger (elles permettent simplement de chiffrer le nombre d'accidents liés à la maintenance) ;

■ **sur le plan théorique** : de développer une connaissance plus fine de ces situations de maintenance, de la prise en charge de ces tâches et des interactions entre opérateurs de maintenance et d'exploitation, afin de mieux comprendre les risques qui peuvent leur être associés et

les facteurs qui peuvent faciliter leur coopération ; et, par conséquent, *d'un point de vue méthodologique*, de mener des observations de ces activités de travail, du partage effectif des tâches entre opérateurs de maintenance et d'exploitation, ainsi que de leurs interactions verbales et non verbales.

Une nouvelle étude devrait répondre à ces objectifs. Parmi les différentes pistes de travail envisageables, une attention particulière pourrait être accordée aux activités préparatoires et postérieures à la réalisation des interventions de maintenance (plusieurs accidents du travail récents ont eu lieu au cours de ces activités et leur importance est soulignée dans plusieurs études ; cf. Abéla et Mazeau, 1996 ; Hale et coll., 1998) et à l'influence des nouvelles formes de prise en charge de la maintenance (maintenance géographique, partagée ou intégrée, par exemple) sur les interactions, la coopération et la sécurité des opérateurs concernés.

Article reçu en mai, accepté en novembre 2001

BIBLIOGRAPHIE

- ABÉLA E., MAZEAU M. - Sécurité des travaux dans l'industrie chimique. Un exemple d'intervention. In : *Actes de la journée d'étude de la Société des électriciens et électroniciens (SEE) « L'ergonomie : Facteur de sécurité et d'innovation »*, Toulouse, 21 novembre 1996.
- ABRIC J.C. - Psychologie de la communication. Méthodes et théories. Paris, Armand Colin, 1996, 187 p.
- AFNOR - Comment réussir votre maintenance. Paris, AFNOR, coll. Guides de l'utilisateur, 1986a, 163 p.
- AFNOR - Recueil de normes françaises. Fiabilité, maintenabilité, disponibilité. 2^e éd. Paris, AFNOR, 1986b, 567 p.
- BERTRAND L., WEILL-FASSINA A. - Forme des représentations fonctionnelles et contrôle des actions dans le diagnostic de pannes. In : *Weill-Fassina A., Rabardel P., Dubois D. (éds.) - Représentations pour l'action*. Toulouse, Octarès, 1993, pp. 247-269.
- BÉZARD F., DUBOIS J.P., JOURDAIN P., LAPLAICHE N., RICHARD P., DE ROLL P., ROLLAND A.M., ROUSSEL D., SCALBERT J., VIOLETTE E. - Les fonderies : procédés de noyautage. *Documents pour le Médecin du Travail*, 1993, 55, pp. 251-258.
- BOUNOT J., MAZEAU M., JULES D. - La maintenance des bus : Analyse des sources d'accidents. *Performances Humaines et Techniques*, 1996, 83, pp. 20-30.
- BOURRIER M. - Organizing maintenance work at two american nuclear power plants. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 1996, 4, 2, pp. 104-112.
- BRANGIER B., CUNY M., POLIN A., CRU D. - Prévention des risques professionnels dans les activités de maintenance sur site. Metz, Rapport d'étude de l'ARACT Lorraine, 1997, 40 p.
- CARBALLEDA G., DANIELLOU F., GARRIGOU A. - Les opérateurs acceptent le coût de la performance : Que fait l'ergonome ? In : *Actes du XXIX^e Congrès de la SELF « Ergonomie et Ingénierie »*, Tome 2, Paris, Eyrolles, 1994, pp. 204-211.
- CHABAUD C., DELVOLVÉ N., DOREL M., MARQUIÉ J.C., QUEINNEC Y., DE TERSSAC G. - Etude sur l'organisation des équipes de conduite dans les centrales nucléaires. Toulouse, Rapport d'étude de l'Université de Toulouse-le Mirail, 1987.
- COURTEIX-KHEROUF S., NAVARRO C. - Evolutions technico-organisationnelles et modifications de la composante collective dans le travail. Le cas des IESSA en maintenance opérationnelle dans les CRNA. In : *Actes du XXVII^e Congrès de la SELF*, Lille, 23-25 septembre 1992, pp. 145-148.
- DE LA GARZA CORONA C. - Gestions individuelles et collectives du danger et du risque dans la maintenance d'infrastructures ferroviaires. Paris, École pratique des hautes études, Thèse de doctorat d'ergonomie, 1995, 228 p.
- DE LA GARZA C. - L'activité de diagnostic dans un système dynamique : le cas du dépannage d'installations de signalisation ferroviaire. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 2000, 50, 1, pp. 39-49.
- DE LA GARZA C., WEILL-FASSINA A. - Méthodes d'analyse des difficultés de gestion du risque dans une activité collective : L'entretien des voies ferrées. *Safety Science*, 1995, 18, pp. 157-180.
- DE TERSSAC G., CHABAUD C. - Référentiel opératif commun et fiabilité. In : *Leplat J., De Terssac G. (éds.) - Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes*. Marseille, Octarès, 1990, pp. 111-139.
- DECHEZ B. - Les activités de maintenance avec ou malgré la GMAO. *Performances Humaines et Techniques*, 1991, 55, pp. 9-12.
- DEMOR S. - Les risques et leur gestion au cours de la récupération de dysfonctionnements dans un système automatisé de production séquentielle. Paris, CNAM-EPHE, Mémoire de DEA d'ergonomie, octobre 1996, 65 p.
- Direction des Relations du Travail du Ministère de l'Emploi et de la Solidarité - Conditions de Travail. Bilan 1998. Paris, Ministère de l'Emploi et de la Solidarité, 1999, 341 p.
- FADIER E., MAZEAU M. - L'activité humaine de maintenance dans les systèmes automatisés : Problématique générale. *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, 1996, 30, 10, pp. 1467-1486.
- FAVERGE J.M. - L'homme agent d'infirmité et de fiabilité du processus industriel. *Ergonomics*, 1970, 13, 3, pp. 301-327.
- FOOT R., PETIT S. - Les relations entre l'exploitation, la maintenance et les équipements dans les stations et gares de la RATP. Noisy-Le-Grand, Rapport de recherche GIP Mutations Industrielles, 1996, 185 p.
- GARRIGOU A., CARBALLEDA G., DANIELLOU F. - The role of 'know-how' in maintenance activities and reliability in a high-risk process control plant. *Applied Ergonomics*, 1998, 29, 2, pp. 127-131.
- GRIFFON-FOUCO M. - Analyse des phénomènes de stress dans une centrale nucléaire. In : *Actes du Colloque International « La maîtrise des risques technologiques »*, Paris, 7-8 décembre 1987, pp. 101-107.
- GRUSENMEYER C. - La gestion de l'information entre maintenance et exploitation en situation d'arrêt programmé sur une chaufferie nucléaire. *Vandœuvre, INRS, coll. Les Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS*, 1998, 170, 73 p.
- GRUSENMEYER C. - Interactions maintenance-exploitation et sécurité. Etude bibliographique. 1. Les tâches de maintenance : définitions et caractéristiques contribuant à leur criticité. *Vandœuvre, INRS, coll. Les Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS*, 2000a, 188, 46 p.
- GRUSENMEYER C. - Interactions maintenance-exploitation et sécurité. Etude bibliographique. 2. Relations fonctionnelles et organisationnelles : caractérisation et conséquences pour la sécurité. *Vandœuvre, INRS, coll. Les Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS*, 2000b, 189, 37 p.
- GRUSENMEYER C. - Interactions maintenance-exploitation et sécurité. Etude bibliographique. 3. Nature, modes et phases d'interaction des opérateurs. *Vandœuvre, INRS, coll. Les Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS*, 2000c, 190, 49 p.
- GRUSENMEYER C. - Gestion de l'information et fiabilité/sécurité. Le cas des interactions maintenance-exploitation lors d'un arrêt programmé sur une chaufferie nucléaire. In : *Actes du XXXV^e Congrès de la SELF*, Toulouse, 20-22 septembre 2000, 2000d, pp. 497-506.
- GRUSENMEYER C. - Organisation de la maintenance et interaction maintenance-production dans une fonderie d'aluminium. *Vandœuvre, INRS, coll. Les Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS*, 2000e, 182, 96 p.
- GRUSENMEYER C. - Criticité des interventions de maintenance et travail collectif. Importance des interactions maintenance-exploitation. A paraître in : *Benckroun T.H., Weill-Fassina A. (éds.) - Activités collectives dans la maîtrise des risques et dans la fiabilité des systèmes socio-techniques*, Toulouse, Octarès.
- HAGAU S. - Maintenance et maintenabilité, facteurs indissociables en interaction pour la conception des machines-outils. Paris, CNAM-EPHE, Mémoire de DEA, 1995, 47 p.
- HALE A.R., HEMING B.H.J., SMIT K., RODENBURG F.G.Th., VAN LEEUWEN N.D. - Evaluating safety in the management of maintenance activities in the chemical process industry. *Safety Science*, 1998, 28, 1, pp. 21-44.
- INRS - Fonderies d'aluminium. GPP 1. Analyse Générale des risques. *Cahiers de Notes Documentaires*, 1991, 143, pp. 203-209.
- JEAN R. - Les conditions socio-organisationnelles de la maîtrise technique dans les projets d'automatisation. In : *Actes de la Journée d'Etudes « Les apports de l'ergonomie dans les projets d'automatisation » de la Société des électriciens et des électroniciens*, Paris, 15 juin 1999.
- KANDAROUN, R., HUEZ D. - Le collectif dans les activités de maintenance en centrale nucléaire. In : *Actes du XXVII^e Congrès de la SELF*, Lille, 23-25 septembre 1992, pp. 107-109.
- KRAWSKY G. - Problèmes de sécurité et d'organisation relatifs à l'utilisation et l'entretien de ponts roulants. *Vandœuvre, Rapport interne INRS*, 1970, 18 p.
- LACOSTE M. - Les communications de travail comme interactions. In : *Jamalbert R., De Montmollin M., Theureau J. (éds.) - Modèles en analyse du travail*. Liège, Mardaga, 1991, pp. 191-227.
- LACOSTE M., ROGARD V. - Mediatized interaction between experts in the maintenance of automated machine. In : *Ranta J. (éd.) - Analysis, design and evaluation of man-machine systems*. Oxford, Pergamon Press, 1988, pp. 227-228.
- LASSERRE L., CHABAUD C. - Ergonomic analysis of communications : Complementary of lexical and structural approaches. In : *Proceedings of the First International Conference on Applied Ergonomics*, Istanbul, Mai 1996.
- LASSERRE-SORIA L. - Analyse des situations d'interaction verbale à distance. Les interactions chefs de salle/superviseurs dans les centres de contrôle aériens. In : *Actes du Congrès Annuel de la Société Française de Psychologie*, Toulouse, 11-12 mai 1995.
- LAVINA Y. - Audit de la maintenance. Paris, Les Editions d'Organisation, 1994, 254 p.
- LEPLAT J. - Rapport scientifique final concernant la partie de la recherche communautaire sur la sécurité menée dans la sidérurgie française. *Luxembourg, Rapport de la CECA*.
- LEPLAT J., CUNY X. - Introduction à la psychologie du travail. Paris, PUF, 1977, 240 p.
- LEPLAT J., SAVOYANT A. - Entretien et fiabilité. In : *Fiabilité et Sécurité. Eléments pour une ergonomie des systèmes en milieu industriel*. Luxembourg, *Etudes de Physiologie et de Psychologie du Travail n° 7*, Direction Générale « Diffusion des connaissances », CID, Commission des Communautés Européennes, 1972, pp. 139-194.

BIBLIOGRAPHIE (SUITE)

LUXHOJ J.T., RIIS J.O., THORSTEINSSON U. - Trends and perspectives in industrial maintenance management. *Journal of Manufacturing Systems*, 1997, 16, 6, pp. 437-453.

MATZIARAS I. - Origines d'incidents en coactivité dans les centrales thermoélectriques (Situations de coactivité des équipes de conduite et d'entretien dans les centrales thermoélectriques classiques et nucléaires). Paris, CNAM-Université de Paris XIII, Mémoire de DEA en ergonomie d'ingénierie, 1984, 67 p.

MONCHY F. - La fonction maintenance. Formation à la gestion de la maintenance industrielle. Paris, Masson, 1996, 457 p.

PEREIRA V., REMOIVILLE A., TRINQUET P. - Sous-traitance sur sites industriels : Evaluation des risques professionnels. Marseille, Rapport APRIT ARESI-BTP, Avril 1999, 37 p.

PIDOL J., HADJIDAKIS G. - La maintenance. Réflexion conduite par Aluminium Dunkerque. *Performances Humaines et Techniques*, 1991, 55, pp. 6-8.

RABARDEL P. - Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains. Paris, Armand Colin, 1995, 239 p.

RAY P.S., BATSON R.G., WEEMS W.H., WAN Q., SOROCK G.S., MATZ S., COTNAM J. - Impact of maintenance function on plant safety. *Professional Safety*, 2000, August 2000, pp. 45-48.

ROUSSEAU C., MONTEAU M. - La fonction de prévention chez l'opérateur. Mise en évidence de conduites sécuritaires au cours d'une activité de chantier. *Vandœuvre, INRS, coll. Les Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS*, 1991, 88, 54 p.

SAUVAGNAC C. - La coopération négociée : le cas de la collaboration maintenance-fabrication. Paris, CNAM, Mémoire de DEA d'Ergonomie, 1994, 58 p.

SAVOYANT A., LEPLAT J. - Statut et fonction des communications dans l'activité des équipes de travail. *Psychologie Française*, 1983, 28, 3-4, 247-253.

VAUTRIN J.P., EDWARDS R., NICOLAISEN P. - Robots et ensembles automatisés. Impact de leur utilisation sur les conditions de travail au sein de la communauté européenne. *Cahiers de Notes Documentaires*, 1992, 149, pp. 455-478.

VILLEMEUR A. - Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels. Fiabilité, facteurs humains, informatisation. Paris, Eyrolles, 1988, 795 p. ■