HAL
open science

Interactions maintenance-exploitation et sécurité. Etude bibliographique. 2. Relations fonctionnelles et organisationnelles : caractérisation et conséquences pour la sécurité.

C. Grusenmeyer

To cite this version:

C. Grusenmeyer. Interactions maintenance-exploitation et sécurité. Etude bibliographique. 2. Relations fonctionnelles et organisationnelles : caractérisation et conséquences pour la sécurité.. [Rapport de recherche] Notes scientifiques et techniques de l'INRS NS 189, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). 2000, 37 p., ill., bibliogr. hal-01420131

HAL Id: hal-01420131

https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-01420131

Submitted on 20 Dec 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

note scientifique & technique

Interactions maintenance-exploitation et sécurité Étude bibliographique

2. Relations fonctionnelles et organisationnelles : caractérisation et conséquences pour la sécurité

NS 189 NOTE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

Interactions maintenance-exploitation et sécurité Étude bibliographique

2. Relations fonctionnelles et organisationnelles : caractérisation et conséquences pour la sécurité

Corinne Grusenmeyer
INRS, Département Homme au travail
Laboratoire Ergonomie et psychologie appliquées à la prévention

Publication réalisée dans le cadre de l'étude A.8/1.011
«Interactions maintenance/exploitation et fiabilité des systèmes industriels»

NS 189
mai 2000

Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
Siège social : 30, rue Olivier-Noyer 75680 Paris cedex 14 • Tél. 01 40 44 30 00 • Fax 01 40 44 30 99
Centre de Lorraine : rue du Morvan CS 60027 54519 Vandœuvre Les Nancy cedex • Tél. 03 83 50 20 00 • Fax 03 83 50 20 97

Résumé

Les activités de maintenance sont identifiées depuis longtemps comme des situations critiques pour la sécurité des opérateurs. Cette criticité résulte non seulement de la nature des activités concernées, mais aussi du contexte organisationnel dans lequel elles s'insèrent et des interactions entre opérateurs de maintenance et d'exploitation. Par conséquent, et sachant que relativement peu de travaux ont été consacrés à la maintenance, une étude relative aux interactions maintenance-exploitation et à leurs incidences sur la fiabilité des systèmes et la sécurité des opérateurs a été initiée.

Dans ce cadre, une analyse bibliographique a été menée. Elle visait d'une part, à acquérir des connaissances sur les activités de maintenance et à identifier, sur cette base, certaines caractéristiques de ces activités contribuant à leur criticité, d'autre part, à examiner les relations fonctionnelles et organisationnelles de la maintenance et de l'exploitation et leurs incidences sur la sécurité des activités de maintenance et, enfin, à appréhender les interactions des opérateurs concernés et leurs conséquences éventuelles.

Ce document est relatif au second de ces objectifs. Dans un premier temps, les relations fonctionnelles de la maintenance et de l'exploitation sont précisées. Puis, leurs relations organisationnelles, à savoir les divers choix politiques effectués par les entreprises en ce domaine et les différentes formes de prise en charge de la maintenance (maintenance spécialisée, intégrée et partagée), sont examinées. Enfin, leurs conséquences en termes de sécurité sont envisagées.
Mots clés : Maintenance - Sécurité - Interactions maintenance-exploitation - Organisation du travail

Abstract

For a long time, maintenance operations have been identified as "critical" situations where safety is concerned. This critical aspect results not only from the nature of these activities but also from their organizational context and from interactions between maintenance and production operators. Consequently, and given that few studies have been devoted to maintenance, we have conducted some research into the interactions between maintenance and production and their consequences for reliability and safety.

Within this framework, a bibliographical analysis was made. It was aimed primarily at acquiring knowledge about maintenance activities and identifying, on this basis, some characteristics of these activities contributing to their criticality. Secondly, we considered functional and organizational relationships of maintenance and production and their effects on the safety of maintenance activities. Finally, we investigated the interactions between the operators concerned and their potential consequences.

This paper concerns the second of these objectives. Firstly, functional relationships between maintenance and production are specified. Then, their organizational relationships are considered : the different political choices which could be made by firms in this domain and the various types of maintenance task allocation (specialized, integrated or shared maintenance). Lastly, their consequences for operators' safety are discussed.
Key words : Maintenance - Safety - Maintenance-production interactions - Work organization

INTERACTIONS MAINTENANCE - EXPLOITATION ET SECURITE

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

2. Relations fonctionnelles et organisationnelles : caractérisation et conséquences pour la sécurité

Introduction **p. 1**

I Relations fonctionnelles de la maintenance et de l'exploitation **p. 5**

1 Définitions de la maintenance et de l'exploitation p. 5

2 Des fonctions ayant le(s) même(s) objet(s) p. 7

3 Des objectifs immédiats différents, mais une mission commune p. 7

4 Des fonctions en relation de dépendance mutuelle p. 8

4.1 Relation de dépendance de l'exploitation vis-à-vis de la maintenance p. 8

4.2 Relation de dépendance de la maintenance vis-à-vis de l'exploitation p. 9

4.3 Interdépendance des fonctions maintenance et exploitation p. 11

4.4 Caractéristiques de l'équipement et relations fonctionnelles de la maintenance et l'exploitation p. 12

II Relations organisationnelles des fonctions maintenance et exploitation **p. 15**

1 Les divers choix politiques en termes de relations maintenance-exploitation p. 15

1.1 Prestation de service pour l'exploitation p. 15

1.2 Responsabilité et gestion de l'équipement par la maintenance p. 16

1.3 Intégration des deux fonctions p. 16

2 Différentes formes de prise en charge de la fonction maintenance p. 17

2.1 La maintenance spécialisée p. 17

2.1.1 Maintenance spécialisée et centralisée p. 18

2.1.2 Maintenance spécialisée et géographique p. 19

2.2 La maintenance intégrée p. 20

2.3 La maintenance partagée p. 20

Conclusion. Conséquences des relations fonctionnelles et organisationnelles de la maintenance et de l'exploitation sur la sécurité **p. 23**

1 Risques associés à la coactivité des opérateurs de maintenance et d'exploitation p. 23

2 Risques issus du conflit productivité/fiabilité p. 24

2.1 Enoncé du problème p. 24

2.2 Quelques facteurs susceptibles d'accentuer le caractère conflictuel des objectifs immédiats de la maintenance et l'exploitation p. 26

3 Risques liés à l'articulation des tâches de maintenance et d'exploitation p. 29

3.1 Enoncé du problème p. 29

3.2 Prise en charge de la maintenance et articulation des tâches p. 30

Références **p. 33**

Liste des figures **p. 37**

INTRODUCTION

Ce document constitue le deuxième volet d'une analyse bibliographique, menée dans le cadre d'une étude relative aux interactions maintenance-exploitation et à leurs incidences sur la fiabilité des systèmes et la sécurité des opérateurs. Plusieurs raisons ont conduit l'INRS à s'intéresser à un tel sujet.

En premier lieu, la relation étroite qu'entretiennent la maintenance et la sécurité est, et depuis longtemps, largement soulignée. Les situations de récupération[1] sont en effet identifiées comme étant particulièrement propices aux accidents (Faverge, 1967, 1970, 1980). Plusieurs travaux soulignent la criticité des opérations de maintenance pour la sécurité des opérateurs (AFNOR, 1986 a ; Abéla et Mazeau, 1996). Et quelques études mettent en évidence le fait qu'une proportion importante des accidents sont liés aux activités de maintenance (Vautrin, Edwards & Nicolaisen, 1992 ; Hale et al., 1998 ; Direction des Relations du Travail du Ministère de l'Emploi et de la Solidarité, 1999).

Par ailleurs, la maintenance constitue désormais, pour des raisons économiques et technologiques (la complexité croissante des équipements, ainsi que leur coût d'acquisition de plus en plus élevé), une fonction stratégique des entreprises, dont le développement s'est amplifié de façon sensible (Leplat & Savoyant, 1972 ; AFNOR, 1986 a et b ; Lavina, 1994 ; Luxhoj et al., 1997). L'amortissement des investissements effectués dans les équipements, l'évitement d'avaries susceptibles d'entraîner leur immobilisation, de même que la recherche d'une augmentation de leur disponibilité et d'une diminution des coûts et temps de maintenance, constituent en effet des préoccupations majeures des entreprises (Brangier, Cuny, Polin & Cru, 1997 ; Jean, 1999). Ces dernières souhaitent, par conséquent, se doter d'une meilleure organisation de la maintenance (AFNOR, 1986 b ; Jean, 1999), pour accroître son efficacité (rapidité de réaction, meilleure utilisation de l'expertise des exploitants sur le fonctionnement de leurs équipements, concertation sur les améliorations et l'acquisition d'équipements, etc.) et réduire les coûts qui y sont relatifs (cf. Pidol & Hadjidakis, 1991 ; Lavina, 1994). L'organisation et les formes de prise en charge de la maintenance dans les entreprises se sont par conséquent multipliées. On observe, en particulier, et sous des formes variées, d'une part, un transfert des tâches de maintenance vers l'exploitation ("auto-maintenance") et les entreprises sous-traitantes (Pidol & Hadjidakis, 1991 ; Lavina, 1994 ; Fadier & Mazeau, 1996 ; Brangier, Cuny, Polin & Cru, 1997 ; Brangier & Linquier, 2000) et, d'autre part, la constitution de services "légers" de maintenance, essentiellement centrés sur

[1] C'est-à-dire celles au cours desquelles les opérateurs sont amenés à intervenir sur les équipements dans le but de résoudre une panne ou de rétablir une situation perturbée par un incident.

l'encadrement, la programmation et la gestion des interventions effectuées (Lavina, 1994 ; Jean, 1999).

Or, l'application de ces nouvelles politiques de maintenance, et plus généralement les évolutions relatives à cette fonction, ne sont pas sans avoir un certain nombre de conséquences. Ainsi :

- des difficultés peuvent être rencontrées lors de leur mise en place (Lavina, 1994) ;
- la tendance à sous-estimer la durée des travaux et le matériel nécessaires est susceptible d'accroître les risques encourus par les intervenants ; les contraintes temporelles pesant sur les interventions peuvent en effet influer sur la qualité de la préparation des interventions et des outillages, sur la gestion des imprévus ou encore la durée du travail (Pereira et al., 1999) ;
- l'externalisation de la maintenance modifie sensiblement la nature du travail de la maintenance en interne, elle conduit à une séparation des fonctions de réalisation et de supervision de ces activités et introduit des "interfaces supplémentaires" ou des rapports sociaux, qui peuvent rendre difficiles le travail en commun ; autant d'éléments qui pèsent sur la sécurité (Dechez, 1991 ; Brangier, Cuny, Polin & Cru, 1997 ; Jean, 1999 ; Pereira, Remoiville & Trinquet, 1999), et auxquels s'ajoutent les difficultés liées plus strictement au statut des sous-traitants (du fait du lien de subordination introduit, des exigences de plus en plus importantes des entreprises utilisatrices, de l'extériorité de ces opérateurs au site ou encore de leur situation de précarité ; Jean, 1999 ; Pereira et al., 1999 ; Brangier & Linquier, 2000) ;
- le déplacement de la frontière entre les deux métiers, que constituent l'exploitation et la maintenance, conduit à une réorganisation de ces services dans l'entreprise, à des modifications des exigences en termes de compétences des opérateurs concernés, ainsi qu'à des évolutions de leurs activités et du partage de leurs tâches, qui ne sont pas non plus sans poser problème, ni peser sur la sécurité : conflits, modifications des relations de ces opérateurs, absence de réalisation de certaines tâches de maintenance du fait des difficultés à identifier leurs propres attributions, par exemple (Lavina, 1994 ; Hagau, 1995 ; Foot & Petit, 1996 ; Fadier & Mazeau, 1996).

Les nouvelles formes de prise en charge de la maintenance semblent, par conséquent, avoir des conséquences sur la sécurité des opérateurs (Brangier, Cuny, Polin & Cru, 1997 ; Brangier & Linquier, 2000) et les interactions entre opérateurs de maintenance et d'exploitation être, de ce point de vue, déterminantes (Krawsky, 1970 ; De La Garza & Weill-Fassina, 1995 a ; Abéla et Mazeau, 1996 ; Direction des Relations du Travail, 1999).

L'analyse bibliographique, menée dans le cadre de cette étude, visait par conséquent :

- d'une part, à acquérir des connaissances sur les activités de maintenance et à tenter, sur cette base, d'identifier un certain nombre de caractéristiques de ces activités susceptibles d'expliquer leur criticité pour la sécurité des opérateurs ; cette partie a fait l'objet d'un premier document (NST n° 188) ;
- d'autre part, à mieux comprendre les relations fonctionnelles et organisationnelles qu'entretiennent les deux fonctions, que sont la maintenance et l'exploitation, dans la mesure où elles peuvent être déterminantes pour les interactions des opérateurs concernés et la sécurité des activités de maintenance (cf. Brangier et al., 1997 ; Hale et al., 1998) ;
- enfin, à tenter d'appréhender et de caractériser les interactions des opérateurs de maintenance et d'exploitation, et à mieux cerner les conséquences de ces dernières pour la sécurité des opérateurs.

Ce deuxième volet est consacré aux relations fonctionnelles et organisationnelles de la maintenance et de l'exploitation. En effet, et bien que les études ne le fassent pas toujours apparaître explicitement, la criticité des opérations de maintenance du point de vue de la sécurité des opérateurs, est souvent liée non seulement à la nature des activités menées (cf. NST n° 188), mais aussi au contexte organisationnel dans lequel elles s'insèrent et aux relations qu'entretient la fonction maintenance avec les autres fonctions de l'entreprise, et notamment l'exploitation (Abéla & Mazeau, 1996 ; Brangier et al., 1997). Dans un premier temps, les relations fonctionnelles de la maintenance et de l'exploitation seront donc examinées. Puis, nous nous attacherons aux relations organisationnelles de ces deux fonctions et, notamment, aux divers choix politiques effectués par les entreprises de ce point de vue, ainsi qu'aux différentes formes de prise en charge de la maintenance. Enfin, leurs conséquences sur la sécurité des opérateurs concernés seront envisagées.

Rappelons que les interactions des opérateurs de maintenance et d'exploitation (les outils cognitifs, les phases et modes d'interaction de ces opérateurs) et leurs incidences possibles sur la sécurité feront l'objet d'un troisième document (NST n° 190).

I RELATIONS FONCTIONNELLES DE LA MAINTENANCE ET DE L'EXPLOITATION

1 Définitions de la maintenance et de l'exploitation

Si de nombreuses définitions de la maintenance sont proposées dans la littérature (cf. NST n° 188), la fonction exploitation ou production[2] des entreprises n'a pas fait l'objet, à notre connaissance, de telles explicitations. Faverge (1967) propose une définition de la fonction de production : cette dernière vise "*à maintenir l'alimentation continue du processus de fabrication de façon suffisante pour concourir à l'équilibre général*" (p. 59). Mais cette définition est relative, au même titre que celles des fonctions de prévention et de récupération, à l'activité de tout opérateur dans une entreprise (même si une implication plus ou moins importante dans l'un de ces trois rôles peut être observée ; cf. Faverge, 1980 ; Rousseau & Monteau, 1991) et non pas à la fonction générale de production des entreprises.

Néanmoins, et par transposition de la définition de la maintenance proposée par Villemeur[3], l'exploitation pourrait être considérée comme la combinaison de toutes les opérations techniques, administratives, de surveillance et de contrôle, destinées à conduire ou exploiter un équipement ou un système, de façon telle qu'il accomplisse une fonction requise. Par exemple, l'exploitation d'une machine à papier consiste à réaliser toutes les opérations (réglages, surveillance des paramètres de la machine et de son fonctionnement, alimentation en matières premières, etc.) permettant à cet équipement de fabriquer du papier.

L'exploitation aurait donc :

- comme objet, le (ou les) équipement(s) dont elle a la charge, ces derniers étant caractérisés par un certain nombre d'états et de propriétés (processus continus/discontinus, par exemple) ;
- comme objectif, l'accomplissement par cet équipement d'une fonction requise, c'est-à-dire l'état de fonctionnement de cet équipement (avec un certain nombre de critères relatifs à la qualité, la quantité ou encore la pertinence du résultat de l'accomplissement de cette fonction) ;

---

[2] Bien que, dans un certain nombre de cas, la maintenance et la production soient toutes deux considérées comme relevant de l'exploitation d'un ou de plusieurs équipements, le terme exploitation sera ici préféré au terme "production", dans la mesure où son usage courant permet d'intégrer plus facilement certaines activités, comme celles de service par exemple.

[3] Selon Villemeur (1988), la maintenance constitue la "*combinaison de toutes les actions techniques et des actions administratives correspondantes, y compris les opérations de surveillance et de contrôle, destinées à maintenir ou à remettre une entité dans un état lui permettant d'accomplir une fonction requise*" (p. 736 ; cf. NST n° 188).

- comme moyens, la réalisation d'un certain nombre d'opérations sur cet équipement (surveillance, réglages et diagnostics relatifs à l'accomplissement de la fonction, régulations en fonction du résultat obtenu etc.).

Rappelons, par ailleurs, que la maintenance a été considérée, sur la base des définitions proposées dans la littérature (cf. NST n° 188), comme ayant :

- pour objet, le (ou les) équipement(s) dont elle a la charge ; ces derniers peuvent être décrits selon un certain nombre de caractéristiques et de données, et leur état peut varier (état de panne ou de fonctionnement, par exemple) ;
- pour objectif, l'aptitude de ces équipements à remplir une fonction requise, c'est-à-dire l'obtention de certains états, données et caractéristiques de ces équipements ; cet objectif général se compose de trois missions principales (AFNOR, 1986 a et b ; Hale et al., 1998) :
  - permettre à un équipement de revenir à un état de plein fonctionnement après un dysfonctionnement ou une panne (maintenance corrective) ;
  - prévenir les détériorations et déviations significatives du fonctionnement d'un équipement, susceptibles de menacer non seulement la production mais aussi la sécurité (maintenance préventive) ;
  - améliorer ces équipements et prendre en charge les travaux neufs (maintenance à échelle majeure) ;
- comme moyens, la réalisation d'un certain nombre d'opérations sur ces équipements, telles que les dépannages, graissages, visites, réparations, modifications, contrôles, inspections, révisions, améliorations etc. (cf. NST n° 188).

Par conséquent, et au regard des définitions proposées, les fonctions exploitation et maintenance, bien que différentes, entretiennent un certain nombre de relations, en particulier :

- elles ont le(s) même(s) objet(s), à savoir les équipements concernés ;
- leurs objectifs immédiats sont différents, mais leur objectif final est commun : l'accomplissement par l'équipement de la fonction requise ;
- elles dépendent mutuellement l'une de l'autre.

Ces différentes relations seront examinées successivement.

2 Des fonctions ayant le(s) même(s) objet(s)

En premier lieu, les fonctions maintenance et exploitation apparaissent avoir le(s) même(s) objet(s) (cf. figure 1), à savoir le(s) équipement(s) concerné(s) (rappelons que ce terme est utilisé dans une acception large (cf. NST n° 188) : il peut s'agir d'un bien ou, en référence à ce que Villemeur (1988) définit comme étant une entité, de "*tout élément, composant, sous-système, système, dispositif, équipement, unité fonctionnelle que l'on peut considérer individuellement*" (p. 726)).

En effet, selon Rabardel (1995), l'objet principal[4] de l'activité des opérateurs de l'exploitation constitue l'équipement. Dans les situations de contrôle de processus dynamiques, comme la conduite d'un haut fourneau par exemple, "*le système technique et les phénomènes dont il est le siège, ont, dans ce cas pour les opérateurs, un statut d'objet de l'activité*" (p. 149). Et cet équipement constitue également l'objet de l'activité des opérateurs chargés de la maintenance, puisque "*dans les situations de maintenance et de dépannage, le système technique a également un statut d'objet pour le sujet*" (ibid., p. 150).

Un équipement donné est donc sous une **double responsabilité** : celle de la fonction exploitation, en tant "qu'utilisatrice" de cet équipement, et celle de la fonction maintenance, pour ce qui est de la disponibilité de ce dernier (cf. Hagau, 1995).

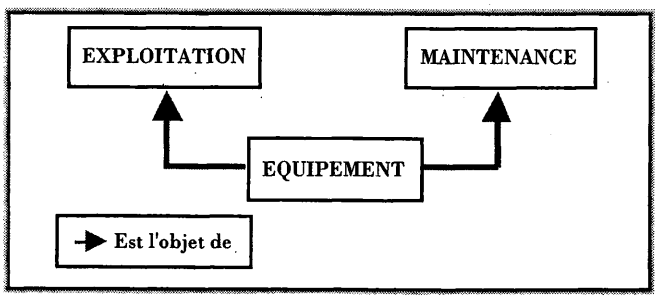


Figure 1. Objet des fonctions maintenance et exploitation

3 Des objectifs immédiats différents, mais une mission commune

En second lieu, ces deux fonctions ont des objectifs immédiats différents, mais une mission commune. L'exploitation doit en effet réaliser un certain nombre d'actions ou d'activités permettant à l'équipement d'accomplir une fonction requise, par exemple la fabrication d'un produit déterminé (un certain nombre de pièces, une certaine quantité de matière, etc.) ou la fourniture d'un service

[4] Nous parlerons d'objet principal, dans la mesure où Rabardel (1995) montre que les objets d'une activité peuvent être multiples et varier selon les moments.

particulier. La maintenance doit maintenir l'équipement dans un état lui permettant d'accomplir cette fonction (cf. NST n° 188). Ainsi, et selon Faverge (1967), "*la fonction de production vise des résultats numériques précis, par exemple une certaine quantité de pièces à fournir dans un temps donné ; par contre, la fonction de prévention vise des résultats probabilistes ; elle ne saurait atteindre un évitement absolu des pannes, mais maintient la probabilité de pannes à un niveau faible*" (p. 61).

L'objectif immédiat de l'exploitation constitue, par conséquent, l'**état de fonctionnement**[5] de l'équipement ; celui de la maintenance concerne l'**état de disponibilité**[6] de cet équipement (cf. figure 2). En outre, et sur la base des définitions proposées antérieurement, ces deux fonctions contribuent à la même mission : l'**accomplissement par l'équipement d'une fonction requise**.

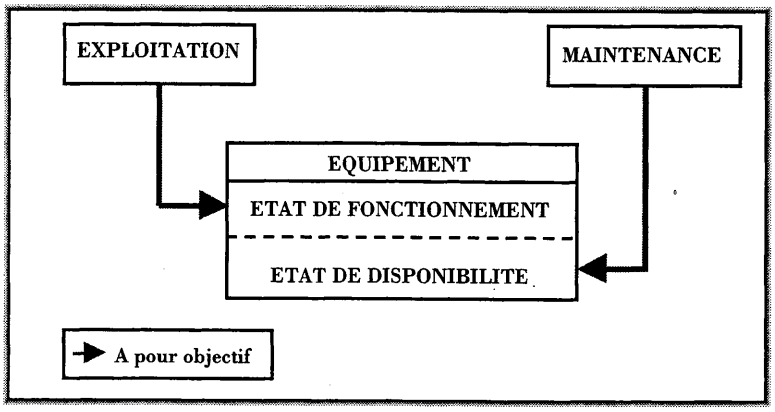


Figure 2. Objectifs des fonctions maintenance et exploitation

4 Des fonctions en relation de dépendance mutuelle

Plus que cela, et parce que leur objet est le même, les fonctions maintenance et exploitation sont en relation de dépendance mutuelle : la maintenance conditionne l'exploitation de l'équipement et, cette dernière détermine à son tour la maintenance de l'équipement.

4.1 Relation de dépendance de l'exploitation vis-à-vis de la maintenance

En premier lieu, la maintenance de l'équipement conditionne son exploitation. L'état de disponibilité de l'équipement, qui constitue l'objectif de la fonction maintenance, est en effet un **prérequis**, une **condition nécessaire** mais non suffisante, de l'état de fonctionnement de cet

---

[5] L'état de fonctionnement d'un équipement est défini comme l'état d'un équipement pendant lequel cet équipement accomplit une fonction requise (cf. Villemeur, 1988 ; NST n° 188).

[6] L'état de disponibilité d'un équipement constitue l'état de cet équipement caractérisé par son aptitude à accomplir une fonction requise (cf. Villemeur, 1988 ; NST n° 188).

équipement, et par conséquent de son exploitation (cf. figure 3). La maintenance de l'équipement doit donc permettre son exploitation, dans la mesure où elle vise à maintenir un état de l'équipement (ou à le remettre dans un état) qui rende possible l'accomplissement de la fonction requise. Ainsi, la réalisation régulière d'opérations de maintenance préventive contribue-t-elle à garantir un état de disponibilité de l'équipement, nécessaire à son exploitation. De la même façon, les opérations de maintenance corrective permettent un retour à un état de disponibilité de l'équipement, qui conditionne son exploitation.

Cette relation est d'ailleurs largement mise en exergue dans les descriptions des missions de la maintenance proposées dans la littérature, et la fonction maintenance est souvent définie en relation avec celle d'exploitation. Lavina (1994) considère ainsi qu'une des missions principales de la maintenance constitue la conservation du potentiel de production. Pour Leplat et Savoyant (1972), "*l'entretien vise à maintenir* (...) *l'équipement technique en bon état de fonctionnement* [et] *le système de production dépend pour sa survie de l'existence de l'entretien*" (p. 141). Hagau (1995) souligne qu'un équipement performant et bien entretenu facilite son exploitation. Enfin, selon l'AFNOR (1986 a), les actions et opérations de maintenance *"permettent de conserver le potentiel de ce matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production*" (p. 16). Il fait d'ailleurs partie de ses objectifs de "*contribuer à assurer la production prévue*" et de "*maintenir la qualité du produit fabriqué* " (ibid., p. 50). La maintenance peut alors "*se concevoir comme le meilleur moyen de maîtriser la disponibilité de l'équipement de production*" (ibid., p. 24).

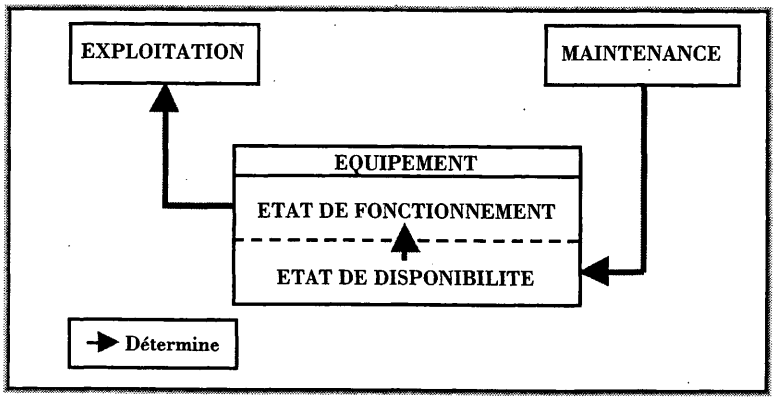


Figure 3. Relation de dépendance de l'exploitation vis-à-vis de la maintenance

4.2 Relation de dépendance de la maintenance vis-à-vis de l'exploitation

En second lieu, l'exploitation de l'équipement détermine sa maintenance. D'une part, les conditions d'exploitation de l'équipement peuvent occasionner des états de panne[7] ou de

[7] L'état de panne d'un équipement est caractérisé par une inaptitude de cet équipement à accomplir une fonction requise (cf. Villemeur, 1988 ; NST n° 188).

fonctionnement non optimal de ce dernier et, ainsi, déterminer les opérations de maintenance corrective à mener. Par exemple, certaines pannes peuvent résulter d'une mauvaise utilisation des équipements (cf. Leplat & Savoyant, 1972). L'état de fonctionnement de l'équipement est en effet indicatif de l'état de disponibilité de cet équipement (ou de son état opposé, l'état de panne ; cf. figure 4). De même, les états intermédiaires entre les deux états précédents (état de fonctionnement non optimal), bien qu'ils n'altèrent pas l'état de disponibilité de l'équipement, peuvent révéler un défaut, un dysfonctionnement, une défaillance ou une usure de l'équipement, nécessitant une intervention de maintenance.

D'autre part, un certain nombre de caractéristiques de l'équipement, qui résultent de l'exploitation qui en est faite, peuvent déterminer la maintenance à effectuer. L'exploitation modifie en effet les caractéristiques de l'équipement (sa durée de fonctionnement, sa durée de vie, sa durabilité[8]), et ces dernières conditionnent la maintenance de cet équipement (cf. figure 4). Par exemple, la durée de fonctionnement de l'équipement peut déterminer la réalisation d'opérations de maintenance préventive, corrective ou à échelle majeure : cas de la visite de l'équipement toutes les 500 heures d'usage ou encore du remplacement des pièces de fonctionnement[9] de cet équipement. Selon l'AFNOR (1986 b) en effet, la fréquence des visites, inspections ou contrôles est "*fonction de la sévérité des conditions d'utilisation* [et] *dépend d'impératifs d'exploitation*" (p. 488).

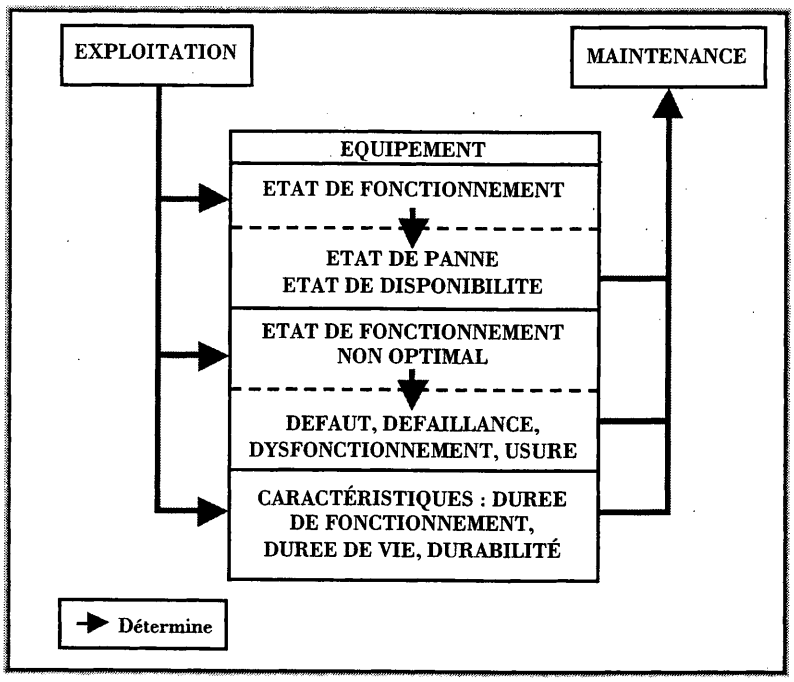


Figure 4. Relation de dépendance de la maintenance vis à vis de l'exploitation

---

8 Cf. NST n° 188, pour une définition de ces différentes notions.

9 Une pièce de fonctionnement est une pièce qui fait "*partie d'un matériel et qui, pendant la durée de vie normale de ce matériel est appelée à subir des détériorations prévisibles nécessitant une ou plusieurs remises en état ou remplacements*" (AFNOR, 1986 a, p. 87).

4.3 Interdépendance des fonctions maintenance et exploitation

Les fonctions maintenance et exploitation entretiennent donc des relations d'interdépendance (cf. figure 5).

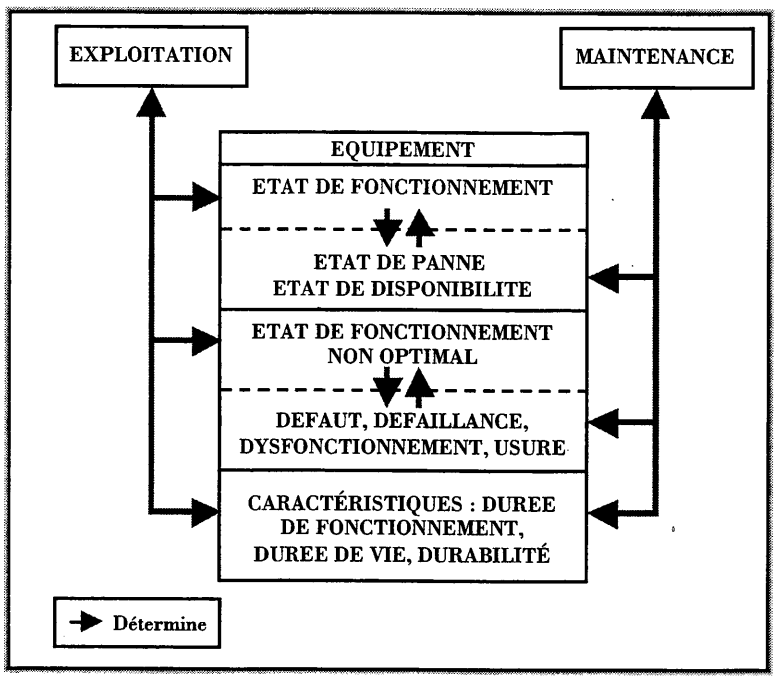


Figure 5. Relations de dépendance mutuelle des fonctions maintenance et exploitation

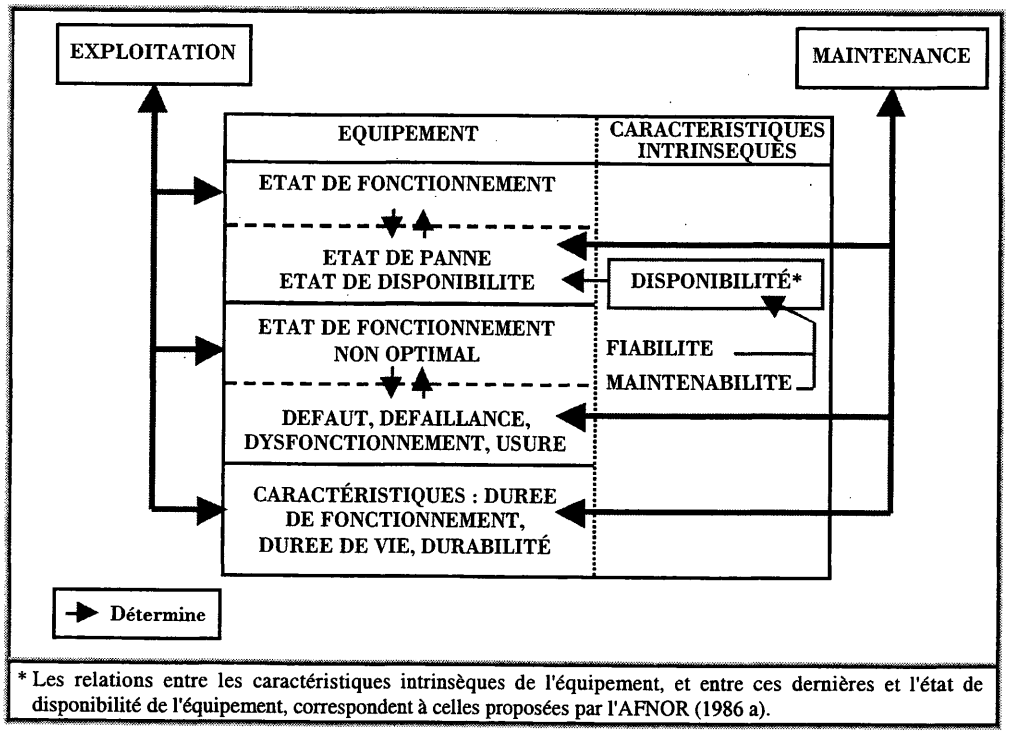
L'exploitation ne peut remplir sa fonction (état de fonctionnement de l'équipement), c'est-à-dire permettre l'accomplissement par l'équipement d'une fonction requise, que dans la mesure où l'état de cet équipement le permet (état de disponibilité de l'équipement), c'est-à-dire si les opérations de maintenance requises ont été effectuées (par exemple, un élément défaillant peut empêcher l'exploitation de l'équipement, tant que les activités de maintenance correspondantes n'ont pas été accomplies). Elle ne peut remplir sa fonction (état de fonctionnement de l'équipement) de façon optimale que dans la mesure où la maintenance de l'équipement (corrections des défauts, remplacement des éléments usés etc.) a été effectuée. La maintenance de l'équipement est, elle, déterminée par un état de cet équipement ne permettant plus l'accomplissement de la fonction requise dans des conditions optimales (état de fonctionnement non optimal), voire par un état de panne (ou état d'indisponibilité), occasionné ou révélé par son exploitation.

En outre, l'exploitation de l'équipement, parce qu'elle modifie certaines de ses caractéristiques, comme sa durée de vie, de fonctionnement ou sa durabilité, suppose la réalisation d'opérations de maintenance. Et ces dernières permettent de modifier ses caractéristiques en retour (augmentation de la durabilité, et donc la durée de fonctionnement potentielle de l'équipement, modification de ce dernier ou acquisition d'un nouvel équipement ; cf. figure 5).

Par conséquent, 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 sera conforme. Hagau (1995) souligne ainsi, lors d'une étude de la maintenance et de la maintenabilité de machines-outils, qu'une machine-outil bien entretenue facilitera son exploitation et, qu'à son tour, une bonne ou une mauvaise exploitation de la machine augmente ou diminue sa fiabilité. Ces relations de dépendance mutuelle de la maintenance et l'exploitation sont également mises en exergue par Matzarias (1984), lors d'une étude menée dans des centrales thermoélectriques.

4.4 Caractéristiques de l'équipement et relations fonctionnelles de la maintenance et l'exploitation

Les relations fonctionnelles de la maintenance et de l'exploitation, parce qu'elles trouvent leur origine dans le fait que ces deux fonctions ont le même objet, sont modulées par les caractéristiques intrinsèques de l'équipement. La fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité intrinsèques de l'équipement[10] sont ainsi susceptibles d'avoir des conséquences pour ces deux fonctions (cf. figure 6).



* Les relations entre les caractéristiques intrinsèques de l'équipement, et entre ces dernières et l'état de disponibilité de l'équipement, correspondent à celles proposées par l'AFNOR (1986 a).

Figure 6. Caractéristiques intrinsèques de l'équipement et dépendance mutuelle de la maintenance et l'exploitation

[10] Cf. NST n° 188, pour une définition de ces différentes notions.

Par exemple, une importante disponibilité intrinsèque de l'équipement contribue à diminuer le nombre d'interventions de maintenance et à augmenter sa durée de fonctionnement. A l'inverse, la faible disponibilité intrinsèque d'un équipement diminue sa durée de fonctionnement et augmente le nombre d'interventions à mener (cf. figure 6).

La faible maintenabilité et la faible accessibilité[11] des équipements peuvent conduire à augmenter les temps d'intervention (cas, par exemple, s'il est nécessaire de démonter[12] des éléments qui ne font pas partie de l'équipement en question, pour accéder à ce dernier) et contraindre la réalisation de ces interventions (la rapidité d'exécution des travaux dépend en effet de la conception technologique du bien ; cf. AFNOR, 1986 b). Une durée plus importante d'indisponibilité de l'équipement et, par conséquent, une période plus longue d'incapacité à l'exploiter peuvent en résulter (état de non fonctionnement ; cf. Fassina, 1962 ; Leplat & Savoyant, 1972 ; Hagau, 1995). L'application de la meilleure méthode de recherche d'une panne peut ainsi être "*rendue difficile par l'intervention d'autres facteurs, tels que l'accessibilité des unités, la difficulté ou la longueur des contrôles*" (Fassina, 1962, p. 277 ; c'est nous qui soulignons). Inversement, une forte maintenabilité diminue le temps d'intervention de la maintenance et, donc l'état d'indisponibilité de l'équipement. Elle peut ainsi contribuer à augmenter sa durée de fonctionnement[13] (cf. figure 6).

Un équipement peu fiable peut constituer une contrainte pour la maintenance (les interventions seront en effet plus nombreuses) et, donc, pour l'exploitation (l'état de fonctionnement de l'équipement est conditionné par sa disponibilité, et cette dernière par sa fiabilité ; cf. Faverge, 1970). En revanche, un équipement fiable augmente la durée pendant laquelle cet équipement est disponible et donc sa durée probable de fonctionnement.

De la même façon, la nature de l'exploitation imposée par l'équipement (production en continu/discontinu, par exemple) conditionne le type de maintenance le plus adapté. Ainsi, selon l'AFNOR (1986 a) "*l'application des méthodes prévisionnelles de maintenance à des matériels de haute production doit être moins coûteuse que la perte de production due à un arrêt de ce matériel*" (p. 24). Le choix des méthodes optimales de maintenance est par conséquent fonction de l'utilisation des équipements. Dans certaines industries, en effet, "*la valeur relative des pertes de production*

---

[11] L'accessibilité d'un équipement "*doit donner aux utilisateurs la possibilité d'atteindre cet élément pour y exécuter avec les moyens nécessaires (outillages, instruments de mesure et de contrôle, appareils de ravitaillement, etc.) les tests et opérations qu'exigent la mise en œuvre, et la maintenance préventive ou corrective.* (Elle) *est caractérisée par la rapidité avec laquelle un élément peut être atteint*" (AFNOR 1986 b, p. 491).

[12] La démontabilité "*caractérise la possibilité de fractionner, par suppression conçue en conséquence, un ensemble en sous-ensembles et éléments constitutifs*" (AFNOR, 1986 b , p. 494).

[13] Selon l'AFNOR (1986 b), l'étude de la maintenabilité est "*capable d'améliorer sensiblement l'efficacité globale de l'équipement de production par la diminution des temps d'arrêt (pour opérations de maintenance, pour changement d'outil...) tout en améliorant la sécurité et les conditions de travail de l'ensemble des opérateurs en exploitation et, en conséquence, la qualité de la production*" (p. 382).

(...) *ou encore les exigences de sécurité* (...) *est* [sont] *telle*[s] *que la maintenance corrective ne peut avoir qu'un caractère accidentel*" (ibid., p. 24). La maintenance préventive sera ainsi préférée dans les industries continues (nucléaire, par exemple), sur les lignes de production continues, "*l'arrêt d'une seule machine entraînant l'arrêt de toute la ligne*" (ibid., p. 24), ou encore dans des situations où l'accomplissement de la fonction requise ne peut être interrompue (hôpitaux, transports, etc.).

II RELATIONS ORGANISATIONNELLES DES FONCTIONS MAINTENANCE ET EXPLOITATION

Si la maintenance et l'exploitation entretiennent des relations à un niveau fonctionnel, elles sont également liées d'un point de vue organisationnel. Différents choix politiques en termes de relations maintenance - exploitation peuvent en effet être effectués par les entreprises et différentes formes de prise en charge de la fonction maintenance peuvent être mises en place. Leplat et Savoyant (1972) considèrent d'ailleurs que "*les grandes lignes de l'organisation de l'entretien sont déterminées par les caractéristiques du système de production* [et que] *la façon dont l'entretien s'organise pour atteindre ses objectifs a des répercussions au niveau du système de production*".

1 Les divers choix politiques en termes de relations maintenance-exploitation

Trois grandes politiques ou conceptions des relations entre les fonctions maintenance et exploitation dans l'entreprise sont distinguées (cf. AFNOR, 1986 a et b ; Monchy, 1996). Selon les cas, les relations sont fondées sur :

- une prestation de service (ou subordination) de la maintenance pour (à) l'exploitation ;
- une horizontalité des deux fonctions (responsabilité et gestion de l'équipement par la maintenance) ;
- une intégration ou responsabilité globale des deux fonctions.

1.1 Prestation de service pour l'exploitation

Ce type de relation correspond à la conception traditionnelle de la maintenance (cf. Monchy, 1996), selon laquelle cette dernière est subordonnée à l'exploitation.

La fonction exploitation (par l'intermédiaire du responsable de fabrication, par exemple) définit les objectifs, les méthodes, le programme et le budget de maintenance et, par conséquent, gère la maintenance des équipements d'exploitation (cf. AFNOR, 1986 a).

La maintenance doit "*fournir une prestation répondant à la demande, au meilleur coût* (...) *compte tenu des moyens dont elle dispose*" (AFNOR, 1986 a, p. 55). Cette dernière est donc gérée à court terme, en fonction des besoins et des événements. Elle est essentiellement réactive, et plutôt orientée vers le correctif. Selon l'AFNOR (1986 a), cette option peut amener le service maintenance à devenir un simple fournisseur de service et de conseil, et est plutôt adaptée aux entreprises de transformation, pour lesquelles les coûts de maintenance sont négligeables.

1.2 Responsabilité et gestion de l'équipement par la maintenance

Dans cette situation, la relation entre la maintenance et l'exploitation est basée sur une "horizontalité" des deux fonctions (cf. Monchy, 1996). Dans tous les cas, la fonction maintenance définit ses méthodes, son programme et son budget.

Néanmoins, deux situations peuvent être différenciées, selon que la définition des objectifs et la responsabilité des coûts de maintenance relèvent de la direction ou de l'exploitation. Dans le premier cas, l'exploitation n'est pas impliquée. L'inconvénient d'une telle solution réside, selon l'AFNOR (1986 a), dans le fait que "*la fabrication tend à se désintéresser totalement de la maintenance*" (p. 49). Dans le second cas, une concertation entre les deux fonctions doit être effectuée et "*un véritable contrat de maintenance négocié doit alors être passé entre les deux parties*" (AFNOR, 1986 a, p. 56).

Certaines entreprises ont ainsi mis en place des Contrats Internes de Maintenance (CIM). Ces contrats, renégociés annuellement, sont rédigés conjointement par l'exploitation et la maintenance. Ils concernent des sujets communs à ces deux fonctions de l'entreprise, relatifs par exemple aux objectifs et critères de mesure de leurs performances (indicateurs d'un tableau de bord commun maintenance exploitation), aux modalités d'intervention (demandes de travail, répartition des tâches entre les opérateurs), au suivi technique des équipements (historique, consignes d'utilisation du matériel) ou encore aux modalités de suivi du contrat en question (réunions périodiques).

La maintenance peut, dans les deux cas, faire l'objet d'une planification et être orientée vers le préventif, dans la mesure où elle participe aux choix, aux négociations, à la recherche d'améliorations et d'optimisation (Monchy, 1996).

Selon l'AFNOR (1986 a), ce type de relation est plutôt adapté, dans le cas où les objectifs sont définis par la direction, aux entreprises mono-produit ou ayant de faibles coûts de maintenance. Par contre, cette option s'avère appropriée à toutes les entreprises et, en particulier, à celles fabriquant plusieurs produits, dans le cas où l'optimisation des coûts de maintenance est sous la responsabilité de l'exploitation.

1.3 Intégration des deux fonctions

Ce type de relation repose sur une "imbrication" des fonctions maintenance et exploitation, voire leur fusion en une fonction globale (AFNOR, 1986 a). Leurs objectifs ne sont plus différenciés et leurs moyens convergent (Monchy, 1996). La maîtrise de la disponibilité des équipements, de la qualité et de la productivité concerne les deux fonctions. La très grande majorité du personnel d'exploitation est affectée à des travaux de maintenance (cas des politiques du type Total Productive

Maintenance, par exemple), et le personnel de maintenance est directement concerné par la qualité des produits, dans la mesure où elle résulte de celle des équipements.

Les moyens permettant d'exploiter et de maintenir sont en interrelation ou ne se distinguent plus. Les systèmes de Gestion de la Production Assisté par Ordinateur (GPAO) interagissent avec ceux permettant la gestion de la maintenance (GMAO). Et la télésurveillance permet à la fois l'exploitation de l'équipement et la télémaintenance (Monchy, 1996). Ce type de relation est particulièrement adapté aux entreprises fortement automatisées ou robotisées (AFNOR, 1986 a).

2 Différentes formes de prise en charge de la fonction maintenance

Différentes formes de prise en charge de la fonction maintenance peuvent être mises en place dans les entreprises. Trois principales formes de prise en charge sont distinguées, selon la participation respective des opérateurs de maintenance et d'exploitation aux opérations de maintenance (cf. Pidol & Hadjidakis, 1991) : la maintenance spécialisée, la maintenance intégrée et la maintenance partagée.

2.1 La maintenance spécialisée

La maintenance spécialisée caractérise les situations où les activités de maintenance sont effectuées par les seuls opérateurs de maintenance (cf. figure 7). C'est le cas de l'organisation traditionnelle de la maintenance assurée par un service ou département indépendant, ou encore des situations dans lesquelles les opérations de maintenance nécessitent une spécialisation pointue, des moyens spéciaux (par exemple, l'arrêt complet de l'installation, des manutentions lourdes...), la coordination de travaux impliquant plusieurs corps de métiers, et par conséquent, des opérateurs spécialisés (cf. Leplat & Savoyant, 1972 ; Pidol & Hadjidakis, 1991).

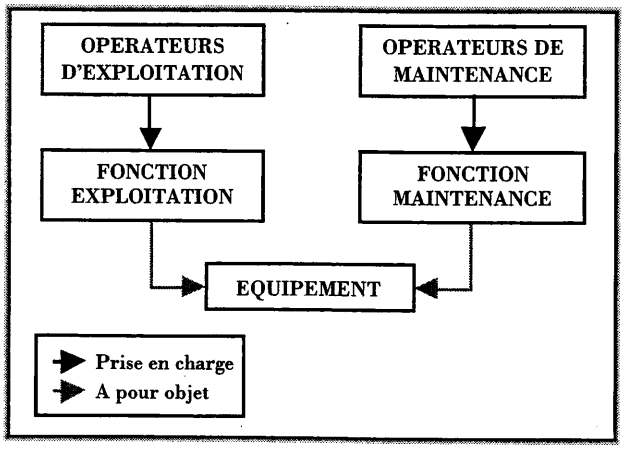


Figure 7. Prise en charge spécialisée de la maintenance

Cette maintenance spécialisée peut elle-même prendre différentes formes, selon les compétences des opérateurs et les équipements dont ils ont la charge.

2.1.1 Maintenance spécialisée et centralisée

La maintenance peut ainsi être assurée par un (ou plusieurs) département(s) ou service(s) de maintenance centralisé(s), composé(s) d'opérateurs spécialisés ou polyvalents. Dans le premier cas (cf. figure 8), les opérateurs de maintenance interviennent sur tous les équipements qui relèvent de leur spécialité (tous les équipements électriques, par exemple). Dans le second (cf. figure 9), ils interviennent sur l'ensemble des équipements.

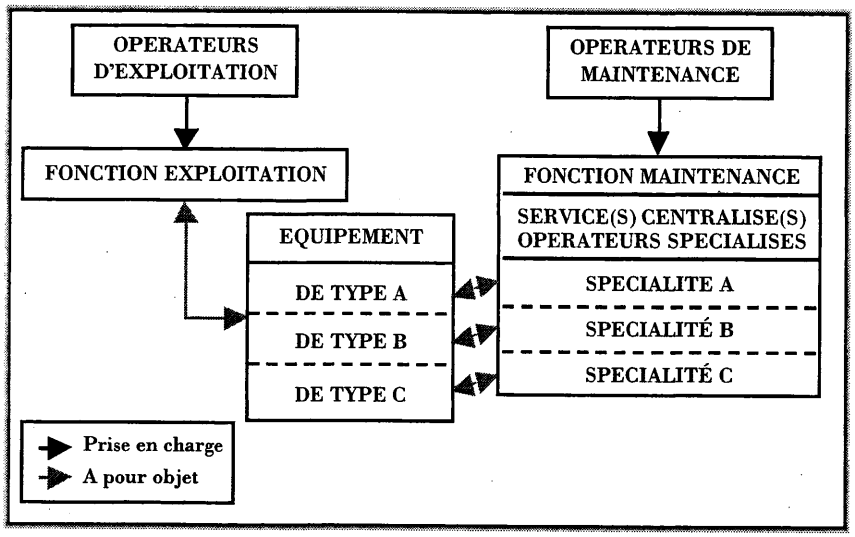


Figure 8. Maintenance spécialisée et centralisée assurée par des opérateurs spécialisés

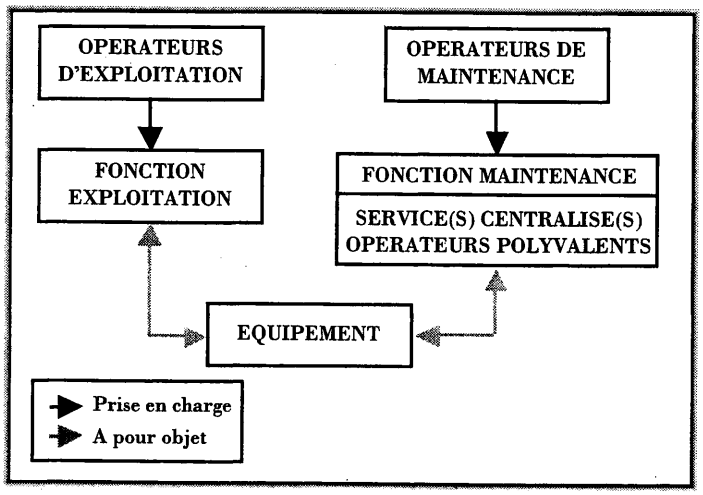


Figure 9. Maintenance spécialisée et centralisée assurée par des opérateurs polyvalents

2.1.2 Maintenance spécialisée et géographique

La maintenance peut également être assurée par des opérateurs (ou équipes) de maintenance associé(e)s à des secteurs géographiques particuliers (cf. figure 10). Les opérateurs de maintenance interviennent alors sur les équipements d'un secteur géographique particulier, par exemple un atelier spécifique ou une ligne de fabrication.

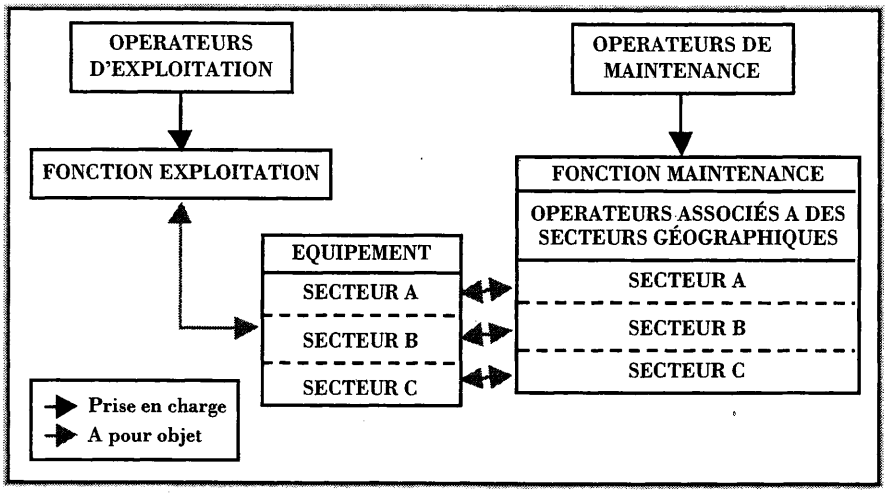


Figure 10. Maintenance spécialisée et géographique

La maintenance géographique peut être assurée par des opérateurs spécialisés. Abéla et Mazeau (1996) décrivent un tel mode d'organisation, lors d'une étude des travaux de maintenance dans une entreprise chimique : "*la maintenance est organisée pratiquement de la même façon dans tous les ateliers : une équipe de techniciens de maintenance, comprenant généralement au moins un instrumentiste et un mécanicien est à la disposition de chaque atelier*". Soulignons que, dans cette situation, "*soit les techniciens de maintenance d'un atelier sont sous la responsabilité de l'ingénieur d'exploitation, soit les techniciens d'un groupe (plusieurs ateliers) sont sous la responsabilité d'un ingénieur de maintenance*" (ibid.). Hagau (1995) fait état d'une organisation similaire dans une entreprise fabriquant des pièces automobiles, puisqu'à chaque ligne de fabrication, est associée au moins une cellule de maintenance chargée de l'entretien et du dépannage des machines-outils.

La maintenance géographique peut également être assurée par des équipes ou opérateurs de maintenance polyvalent(e)s. L'étude de Foot et Petit (1996) dans les stations et gares de la RATP décrit une telle prise en charge des opérations de maintenance : des équipes de maintenance polyvalentes sont affectées, pour les interventions de premier niveau (entretien et maintenance corrective légère), à des lignes spécifiques.

2.2 La maintenance intégrée

La maintenance intégrée fait référence aux situations dans lesquelles les opérations de maintenance sont réalisées, sinon uniquement, du moins essentiellement, par les opérateurs d'exploitation (cf. Pidol & Hadjidakis, 1991). Les opérateurs d'exploitation réalisent, par exemple, des opérations de maintenance préventive et prédictive, et assistent les opérateurs de maintenance en cas de dysfonctionnement et dans le diagnostic de pannes. Ces derniers n'interviennent, pour leur part, que dans des cas particuliers (cf. figure 11).

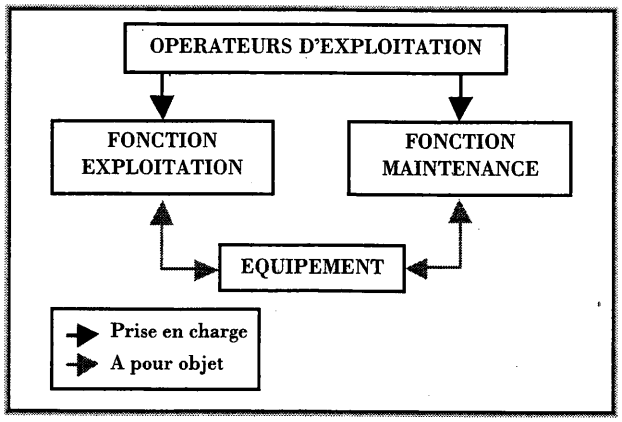


Figure 11. Prise en charge intégrée de la maintenance

"L'auto-maintenance" correspond ainsi aux situations dans lesquelles un maximum de tâches de routine, de même que la maintenance de premier niveau (contrôles visuels, nettoyages, réglages, graissages, etc.), sont déléguées aux exploitants (Lavina, 1994). La prise en charge de ces dernières activités par les exploitants doit permettre d'éviter de "*noyer la maintenance sous un flot de petites tâches ponctuelles, de nature à désorganiser son action*" (AFNOR, 1986 a, p. 139). Selon Leplat et Savoyant (1972), une telle prise en charge est plutôt adaptée aux systèmes ou équipements simples.

Notons enfin que, dans certains cas, les tâches de maintenance courante peuvent être assurées par des équipes mixtes maintenance-exploitation, les travaux de plus grande ampleur étant réalisés par des entreprises extérieures.

2.3 La maintenance partagée

La maintenance partagée (cf. figure 12, page suivante) correspond aux situations où les activités de maintenance sont réalisées à la fois par les opérateurs de maintenance et d'exploitation (Pidol & Hadjidakis, 1991).

Les opérateurs d'exploitation exercent des activités de maintenance à différentes occasions, par exemple lors d'arrêts prolongés des équipements pour maintenance préventive, ou encore si l'équipe de dépannage est occupée et qu'une autre panne se manifeste (cf. Pidol & Hadjidakis, 1991). Kandaroun et Huez (1992 ; cf. également Kandaroun et al., 1991) observent ainsi, sur une chaufferie nucléaire, que les opérations de consignation, généralement réalisées par les opérateurs de maintenance, sont assurées par l'exploitation, lors des arrêts de tranche.

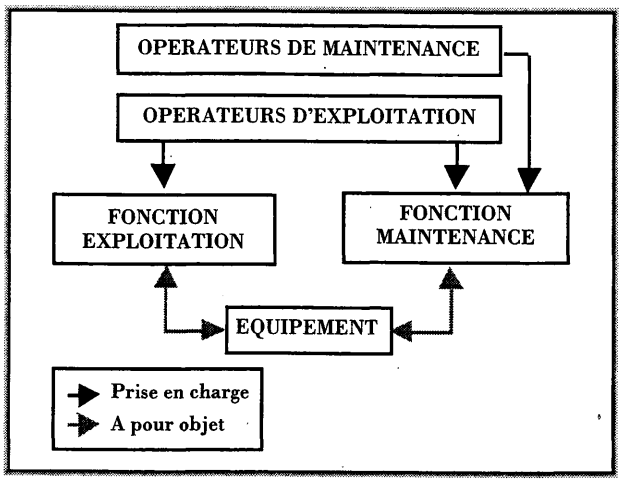


Figure 12. Prise en charge partagée de la maintenance

Cette dernière forme de prise en charge de la maintenance semble davantage correspondre à une volonté de gérer au mieux le personnel interne à l'entreprise, qu'à une véritable prise en charge des activités de maintenance par les opérateurs d'exploitation. Ces derniers ne paraissent en effet sollicités pour effectuer des opérations de maintenance, que si leurs activités habituelles de travail leur permettent d'être disponibles pour effectuer d'autres tâches (cas des arrêts prolongés, par exemple), ou si les opérateurs de maintenance ne peuvent assurer les opérations en question (surcharge).

Les formes de prise en charge de la maintenance mises en place dans les entreprises dépendent ainsi, pour partie, des choix politiques effectués en termes de relations maintenance–exploitation. Par exemple, une prise en charge spécialisée de la maintenance est généralement observée, lorsque la relation est fondée sur une prestation de service de la maintenance pour l'exploitation.

Néanmoins, d'autres éléments peuvent intervenir dans la forme de prise en charge de la maintenance qui sera adoptée.

C'est le cas, comme cela a été souligné précédemment, des caractéristiques du processus ou du travail concerné. La maintenance de certains équipements ou installations peut, par exemple, nécessiter des compétences spécifiques et/ou très pointues des opérateurs, ne permettant qu'une

prise en charge spécialisée des opérations de maintenance concernées. Leplat et Savoyant (1972) estiment ainsi que la complexité technologique de l'équipement ou du système est un facteur essentiel pour la prise en charge des activités de maintenance. De la même façon, Pereira et al. (1999) soulignent que "*l'évolution et la complexification des systèmes de production militent vers un rapprochement, en interne, des fonctions de fabrication avec celles de maintenance. La maintenance* (..) *est une fonction de plus en plus imbriquée techniquement dans le processus de fabrication, une dimension permanente de l'activité productive*" (p. 24).

La nature même des opérations de maintenance et/ou leur ampleur peuvent aussi être déterminantes. Des prises en charge différentes de la maintenance peuvent ainsi coexister au sein d'une même entreprise, en fonction de la nature des opérations concernées. Par exemple, un service de maintenance spécialisé et centralisé peut assurer les opérations de maintenance corrective importantes, tandis que les opérateurs d'exploitation (AFNOR, 1986 a ; Leplat & Savoyant, 1972) ou des équipes de maintenance polyvalentes et affectées à des secteurs géographiques particuliers (cf. Foot & Petit, 1996) effectueront la maintenance de premier niveau[14]. De la même façon, une prise en charge partagée de la maintenance peut être mise en place lors d'opérations de maintenance à échelle majeure, alors qu'une maintenance spécialisée est assurée en dehors de ces périodes.

Enfin, diverses caractéristiques de l'entreprise peuvent également intervenir dans le choix de la prise en charge de la maintenance qui sera mise en place, telles que sa taille, sa situation socio-économique, sa capacité à investir dans de nouveaux équipements, sa culture, son style de management, sa gestion du personnel ou encore sa politique de sous-traitance.

[14] Selon Leplat et Savoyant (1972), une prise en charge géographique et polyvalente de la maintenance n'est valide que pour des interventions courantes ne nécessitant pas de préparation spéciale.

CONCLUSION. CONSEQUENCES DES RELATIONS FONCTIONNELLES ET ORGANISATIONNELLES DE LA MAINTENANCE ET DE L'EXPLOITATION SUR LA SECURITE

Les relations qu'entretiennent les fonctions maintenance et exploitation sont susceptibles d'avoir un certain nombre de conséquences en termes de sécurité. Elles peuvent en effet donner lieu à des périodes de coactivité de ces opérateurs, introduire une relation conflictuelle entre l'état de fonctionnement de l'équipement (son exploitation) et son état de disponibilité (sa maintenance), qui peut se révéler potentiellement dangereuse, ou encore engendrer des risques liés à l'articulation des tâches des opérateurs. Ces différents points seront examinés successivement.

1 Risques associés à la coactivité des opérateurs de maintenance et d'exploitation

En premier lieu, et dans la mesure où les fonctions maintenance et exploitation ont le(s) même(s) objet(s), les opérateurs concernés peuvent être amenés à intervenir ou réaliser des actions sur le(s) même(s) équipement(s). Des périodes de coactivité momentanée sont alors susceptibles d'être occasionnées, cas par exemple d'une "*réparation n'interrompant pas le travail de production*" (Faverge, 1970, p. 309). Or, ces situations (la réalisation d'activités différentes sur un même équipement ou la présence active de deux ou plusieurs cellules d'un système en un même endroit de ce système ; cf. Matzarias, 1984) peuvent constituer une source potentielle d'insécurité et sont identifiées comme des périodes propices aux accidents (Faverge, 1970 ; Matzarias, 1984 ; Pereira et al., 1999).

Leplat et Savoyant (1972) soulignaient ainsi que "*au cours de ses interventions, l'entretien travaille sur l'aire de production* (...) *cette situation de coactivité était une source d'incidents. De plus,* (...) *l'entretien est amené à utiliser le matériel de la production et la coordination des deux services n'est pas toujours facile à obtenir*" (ibid.). L'étude d'Abéla et Mazeau (1996) conforte cette observation puisque, selon ces auteurs, "*le principal risque lors d'un dépannage provient des modifications possibles de la situation dans laquelle se trouve le personnel en cours d'intervention*", modifications qui peuvent résulter de l'installation elle-même (cas d'un joint qui cède, par exemple), mais aussi de l'action d'un autre opérateur. Pereira et al. (1999), de même que Matzarias (1984), font état de plusieurs incidents ou accidents graves ayant eu lieu lors de telles situations de coactivité (cas, par exemple, de la mise en marche d'un système par l'exploitation, au moment où une équipe de maintenance réalise des essais de ce même système). Pour sa part, De La Garza Corona (1995 ; voir également De la Garza & Weill-Fassina, 1995 a et b) a analysé de telles situations de coactivité. Cet auteur s'est en effet intéressé à la gestion, par les agents de maintenance

des voies ferrées, de l'articulation de leur travail avec les circulations environnantes, le passage du train étant susceptible de mettre en danger leur sécurité, du fait du risque de heurt par circulation. Ces travaux montrent que la gestion de la sécurité sur les voies peut prendre deux formes complémentaires (cf. De la Garza & Weill-Fassina, 1995 a) : l'arrêt des circulations sur les voies de travail en accord avec le transport et l'arrêt du travail de la maintenance au passage du train. Toutes deux visent à gérer la coactivité des opérateurs et se fondent sur une séparation organisationnelle des directions équipement et transport, et une priorité aux circulations.

2 Risques issus du conflit productivité/fiabilité

2.1 Enoncé du problème

Dans la situation contraire, c'est-à-dire dans le cas où les activités des opérateurs de maintenance et d'exploitation sur l'équipement ne sont pas menées de façon concomitante, les opérations de maintenance risquent d'être effectuées sous fortes contraintes temporelles ou reportées.

En effet, parce qu'ils sont différents et entretiennent des relations de détermination, les objectifs immédiats de la maintenance et de l'exploitation peuvent se révéler conflictuels (cf. Leplat & Savoyant, 1972 ; Lacoste & Rogard, 1988 ; Courteix-Kherouf et al., 1995). Les opérations de maintenance peuvent devoir présupposer (pour des raisons de sécurité par exemple) l'indisponibilité de l'équipement, et donc la cessation de son exploitation (cf. figure 13). Et l'exploitation peut avoir des contraintes (production à fournir, service en continu etc.) telles qu'elles nécessitent un état de fonctionnement de l'équipement continu. La maintenance de l'équipement peut alors "empiéter" ou entrer en conflit avec son exploitation au moment où l'intervention est nécessaire (temps t), même si leurs objectifs à plus long terme (temps t+1) sont congruents (la maintenance de l'équipement rendant son exploitation possible ; cf. § I.1.3).

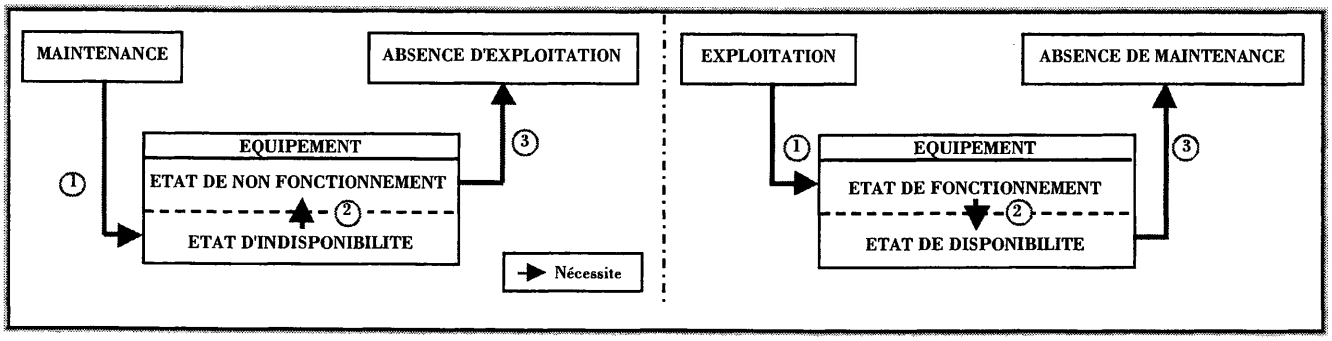


Figure 13. Conflits des objectifs de la maintenance et de l'exploitation au moment où l'intervention est nécessaire (temps t)

Selon l'AFNOR (1986 a) en effet, "*il existe souvent des conflits, le plus souvent implicites, entre les responsables de la fabrication, utilisateurs exigeants, chargés quantitativement et qualitativement de "sortir la production" et les responsables de maintenance, chargés du patrimoine technique de l'entreprise, c'est-à-dire de l'état et de la conservation de l'outil de production : ceux-ci subissent les contraintes du court terme, ceux-là doivent avoir, au contraire, une vision à moyen et long termes*" (p. 48). De la même façon, Hagau (1995) souligne que la diversité des produits fabriqués et l'adaptabilité, que supposait l'activité de production dans l'entreprise étudiée, plaçaient les opérateurs d'exploitation dans des situations très contraignantes, ce qui les conduisait à leur tour "*à une utilisation "poussée" des machines-outils pour atteindre le but immédiat, sans penser aux conséquences ultérieures* (...) *subies par la maintenance*" (p. 8).

Les relations de dépendance entre les fonctions maintenance et exploitation peuvent ainsi être gérées dans le cadre d'un conflit fonctionnement/disponibilité (ou productivité/fiabilité), si les opérations de maintenance constituent une perturbation de l'exploitation (perte de productivité), et si l'exploitation de l'équipement se révèle être un obstacle à sa maintenance.

Ceci peut conduire :

- à la <u>réalisation des activités de maintenance sous fortes contraintes temporelles</u> ; ce qui :
  - ne favorise pas la préparation des interventions et, par conséquent, l'analyse des conditions permettant d'assurer la sécurité des intervenants,
  - peut amener les opérateurs de maintenance à intervenir alors que l'équipement fonctionne, même si un arrêt de cet équipement est préconisé pour des raisons de sécurité (situation de coactivité, cf. page 23),
  - peut expliquer que les intervenants n'effectuent pas systématiquement les opérations nécessaires à l'arrêt de l'équipement ou à sa mise en sécurité, celles-ci étant susceptibles d'augmenter de façon non négligeable le temps de l'intervention, surtout si elles doivent être effectuées à plusieurs reprises (cas des contrôles, tests ou essais par exemple) ;

  Rousseau et Monteau (1991) ont ainsi montré que la volonté des équipes de monteurs électriciens de limiter au maximum les temps de coupure, engendrés par la mise en place de nouveaux coffrets disjoncteurs, pouvait conduire les opérateurs à effectuer des consignations tardives, ce qui contribuait à augmenter sensiblement le niveau de risques sur les chantiers ; de la même façon, Abéla et Mazeau (1996) relatent des interactions difficiles entre opérateurs de maintenance et d'exploitation dans une industrie chimique, les premiers n'ayant, pour effectuer les tests ou les essais nécessaires à l'élaboration efficace d'un diagnostic, comme unique solution que celle de "provoquer la coopération" en s'appuyant sur leur hiérarchie, du fait de la perte de production représentée par cette activité ;

- à modifier la nature de l'opération de maintenance requise ;

  le rythme auquel l'équipement doit être exploité, les conséquences pour l'exploitation d'une indisponibilité de l'équipement ou le nombre de pièces à produire par exemple, peuvent amener à préférer des solutions provisoires de maintenance (dépannage) à des solutions définitives (réparation), si les premières sont moins coûteuses en temps de fonctionnement ; Sauvagnac (1994) observe ainsi des tensions entre opérateurs d'exploitation et de maintenance dans une laiterie automatisée, lorsqu'un dysfonctionnement se manifeste : les premiers proposent en effet des solutions palliatives, qui permettent de ne pas contraindre de façon trop importante leurs activités de production, tandis que les seconds prônent des solutions curatives, qui permettent d'éviter la multiplication des interventions associées à un dysfonctionnement ; notons qu'un tel choix conduit à exploiter un équipement dont l'état de fonctionnement n'est pas optimal, ce qui peut placer les opérateurs dans des situations potentiellement dangereuses ; il suppose de plus qu'un suivi de ces opérations soit mené (qu'une solution définitive de maintenance soit planifiée), sans quoi ces dernières situations pourraient revêtir un caractère plus ou moins durable ;
- au report de ces activités de maintenance, voire à leur non réalisation ;

  en effet, selon Leplat et Savoyant (1972), la nature et le rythme auquel l'équipement est exploité ou encore les répercussions d'un arrêt de l'équipement sur l'exploitation peuvent déterminer le niveau d'urgence avec lequel l'intervention de maintenance devra être réalisée ; or, le report et/ou la non réalisation des opérations de maintenance requises sont également susceptibles d'avoir des conséquences en termes de sécurité, les opérateurs d'exploitation étant amenés à conduire ou exploiter un équipement dont l'état de fonctionnement n'est pas optimal ; rappelons, à ce propos, que l'étude de Hale et al. (1998) citée précédemment, montre que 8% des 294 accidents analysés par ces auteurs et survenus dans l'industrie chimique, ont lieu en dehors des phases de maintenance (phase de démarrage, d'arrêt ou de production normale), mais sont liés à ces dernières activités : cas des accidents résultant d'un défaut de maintenance, par exemple.

2.2 Quelques facteurs susceptibles d'accentuer le caractère conflictuel des objectifs immédiats de la maintenance et l'exploitation

La réalisation sous forte pression temporelle ou le report des activités de maintenance peut être d'autant plus critique, qu'un certain nombre de facteurs organisationnels et/ou liés à la nature des interventions sont susceptibles d'accentuer le caractère conflictuel des objectifs immédiats des fonctions maintenance et exploitation.

Les **choix politiques effectués par l'entreprise en termes de relations maintenance-exploitation** constituent sans doute un de ces facteurs. En effet, les contraintes temporelles pesant sur les opérations de maintenance, de même que leur report, risquent d'être d'autant plus importants qu'une relation de type prestation de service (ou subordination) de la maintenance pour (à) l'exploitation a été mise en place dans l'entreprise. Dans la mesure où le programme de maintenance est défini par l'exploitation, les contraintes de cette dernière (telle que la production à fournir, par exemple) sont susceptibles de peser davantage sur les interventions de maintenance et d'accentuer ainsi le caractère conflictuel des objectifs immédiats de ces deux fonctions. Carballeda et al. (1994, voir également Garrigou et al., 1998) montrent que, selon les enjeux que représentent pour l'entreprise les temps d'interventions de maintenance, les opérateurs de maintenance peuvent être amenés à gérer un nombre plus ou moins important d'événements non prévus sous forte contrainte temporelle. Plusieurs études relatent des relations difficiles des opérateurs concernés, du fait d'une meilleure reconnaissance de l'exploitation que de la maintenance. Une analyse par interview auprès d'opérateurs de centrales nucléaires (Griffon-Fouco, 1987) met ainsi en évidence que cette relation de type prestation de service de la maintenance pour l'exploitation conduit à ce que, comparativement aux opérateurs d'exploitation, de nombreux agents de maintenance estiment que leurs objectifs sont mal définis (ces évaluations concernent 31 à 44% des opérateurs de maintenance selon les secteurs, contre seulement 10% des opérateurs d'exploitation). Dans certains cas, le primat de l'activité d'exploitation dans la politique de l'entreprise (analyse et reconnaissance des résultats exclusivement liées aux produits réalisés, priorité donnée aux activités de production) peut conduire à ce que "*toutes les autres activités (y compris la maintenance), parfois considérées comme secondaires, doivent se "soumettre" aux rythmes et aux conditions imposées par la production*" (Hagau, 1995, p. 7 ; c'est nous qui soulignons) et à créer ainsi "*des contraintes supplémentaires pour la réalisation des "autres activités", en les rendant plus difficiles*" (ibid., p. 7). En outre, les pannes des équipements risquent d'être vécues, par les opérateurs d'exploitation, comme des problèmes dont l'importance devient démesurée (cf. Crozier, 1959, cité par Faverge, 1966), dans la mesure où elles peuvent avoir une influence sur la régularité de leur travail. Une régulation structurale visant à "*maintenir un certain équilibre ou un certain accord entre des contraintes en principe opposées venant de cellules différentes de l'organisation*" (Faverge, 1966, p. 56) peut alors être difficile à établir. Ce sont sans doute les raisons pour lesquelles l'AFNOR (1986 a) préconise, dans le but d'intégrer les contraintes du fabricant (programme de fabrication, quantités à fabriquer, etc.) et les arrêts nécessaires à la maintenance, une conciliation des fonctions maintenance et exploitation.

La **gestion de la maintenance mise en place dans l'entreprise et les moyens dont elle dispose**, parce qu'ils déterminent pour partie la qualité, les délais et la durée des interventions de maintenance, peuvent également contribuer à exacerber le caractère conflictuel des objectifs immédiats de la maintenance et de l'exploitation. Faute de pièce détachée adaptée par exemple, la maintenance peut être amenée à effectuer un dépannage et à reporter la réparation correspondante (cf. AFNOR, 1986 a). Ceci peut être particulièrement contraignant pour l'exploitation dans la mesure où cela occasionne un état de fonctionnement non optimal de l'équipement, et où la réparation ultérieure peut supposer un nouvel arrêt de cet équipement. De la même façon, l'absence d'outils adaptés aux activités de maintenance à réaliser (Matzarias, 1984), de dispositifs de recherche de défauts, de listes de vérification logiques ou de plans des équipements, peuvent contribuer à augmenter les temps de maintenance (temps de recherche des pannes, durée des diagnostics ou des interventions) et donc les temps d'indisponibilité de l'équipement pour l'exploitation.

Enfin, le **type de maintenance concerné** (préventive, corrective, à échelle majeure) apparaît également important à considérer, dans la mesure où il peut influer sur les contraintes temporelles auxquelles les opérations de maintenance sont soumises ou sur le report de ces dernières. En effet, dans le cas d'une opération de maintenance corrective, l'état d'indisponibilité de l'équipement, et donc la cessation de son exploitation, peuvent résulter non pas de l'intervention de maintenance elle-même, mais de l'état de panne de cet équipement. Le report de l'intervention de maintenance correspondante n'est alors guère envisageable. Toutefois, l'élément déclencheur de ces interventions étant aléatoire, il est difficile pour l'exploitation d'en tenir compte dans l'élaboration de son programme de travail. Par conséquent, les interventions de maintenance correspondantes risquent d'être effectuées sous fortes contraintes temporelles[15], et les dépannages préférés aux réparations, s'ils sont plus rapides (cf. Pereira et al., 1999). Les contraintes temporelles pesant sur la maintenance préventive devraient, par contre, être moins importantes, dans la mesure où ces opérations sont plus faciles à intégrer dans le programme de travail de l'exploitation. La planification des actions, que permet d'introduire la maintenance préventive, peut en effet minimiser l'indisponibilité imprévue de l'équipement pour l'exploitation et, ainsi, supprimer les inconvénients que représentent des dépannages successifs pour ces derniers opérateurs (cf. Leplat & Savoyant, 1972). Toutefois, l'état de disponibilité de l'équipement n'étant pas, dans ces situations, dépendant des opérations de maintenance, et ces interventions étant susceptibles de nécessiter l'indisponibilité

[15] Comme le souligne Faverge (1967), en cas de panne ou d'incident imprévu, l'activité change de nature : "*le souci majeur est de réparer aussi vite que possible afin d'éviter que la perturbation ne s'étende par suite de l'arrêt du flot de production risquant de paralyser des parties de plus en plus grandes du système en fonctionnement*" (p. 59).

de l'équipement (si elles requièrent un démontage partiel, par exemple ; cf. AFNOR, 1986 a), elles pourraient être plus aisément reportées. Ainsi, selon Leplat et Savoyant (1972), "*il est souvent difficile pour l'entretien d'obtenir l'arrêt d'une machine pour effectuer par exemple une intervention systématique ; la production préfère utiliser la machine tant qu'elle marche dans des conditions satisfaisantes (pour elle). La situation est inverse dans le cas où, à la suite d'une panne, il s'agit d'obtenir l'intervention rapide du service entretien*" (ibid.). De la même façon, Hagau (1995) met en évidence que, alors que les interventions de maintenance préventive constitue une activité importante pour les opérateurs de maintenance, qui peut leur permettre de limiter les opérations de maintenance corrective futures, elles peuvent être vécues comme une "obligation indésirable" par les opérateurs d'exploitation, dans la mesure où leur activité est orientée vers l'utilisation de l'équipement. Précisons néanmoins que les opérations de maintenance préventive ne sont pas toujours intégrées dans le programme de travail de l'exploitation, même si cela est réalisable. Par ailleurs, de nombreuses entreprises tendent à planifier la durée des interventions au plus juste et ce, quel que soit le type de maintenance dont elles relèvent. L'enquête de Brangier et al. (1997) tend en effet à montrer que les pressions temporelles pesant sur les interventions ne seraient plus caractéristiques de celles de maintenance corrective, mais concerneraient également les autres types de maintenance.

3 Risques liés à l'articulation des tâches de maintenance et d'exploitation

3.1 Enoncé du problème

Les situations précédentes (coactivité, interventions de maintenance reportées ou contraintes temporellement, exploitation d'un équipement dont l'état de fonctionnement n'est pas optimal) mises à part, le fait que les fonctions maintenance et exploitation aient le même objet et que l'équipement soit sous leur double responsabilité peut en soi constituer une source potentielle de risques pour les opérateurs. Les activités menées par l'une d'entre elles peuvent en effet avoir des conséquences pour l'autre, même si elles ne sont pas menées simultanément ou contraintes d'une façon ou d'une autre. Cette source potentielle de risques, associée à l'articulation des tâches de maintenance et d'exploitation, pourrait ainsi être rapprochée du facteur d'infiabilité identifié par Faverge (1970) sous le terme de "frontières" et défini, par ce dernier auteur, de la façon suivante : "*endroits où il y a changement de service, d'encadrement, de réglementation ou même, par extension, de régime et de densité, mais séparant des activités successives dans le processus de production*" (p. 307).

Ces risques associés à l'articulation des tâches de maintenance et d'exploitation sont d'ailleurs mis en évidence dans un certain nombre de travaux. Ainsi, une étude sur l'utilisation et l'entretien

des ponts roulants (Krawsky, 1970) indiquait que les activités d'entretien engendraient autant de risques pour le personnel de l'exploitation que pour les équipes de maintenance elles-mêmes. Pour Hale et al. (1998), les activités de maintenance sont fréquemment synonymes de modifications mineures, voire même majeures, de l'installation, qui peuvent altérer son exploitation, voire sa sécurité, et supposer l'acquisition par l'exploitation de nouveaux modes opératoires. Selon ces derniers auteurs, les activités de maintenance peuvent ainsi constituer des facteurs majeurs de changement sur les installations, qui doivent faire l'objet d'analyses de sécurité : "*If maintenance is not carried out soon enough, is incorrectly carried out, or communications between maintenance and operations staff are not effective, the plant may fail dangerously during start up or during the normal operations phase*" (ibid., p. 22). L'AFNOR (1986 a) considère d'ailleurs qu'il fait partie des missions de la maintenance de "*se préoccuper des accidents que ses interventions peuvent occasionner tant pour ses propres membres que pour le personnel de fabrication*" (p. 51) et stipule que toute préparation d'une intervention doit débuter "*par la mise en œuvre de consignes (travaux électriques, travaux au feu, risques de chutes, etc.) et se* [terminer] *par une remise en état définitive (protections, déconsignation, etc.)*" (ibid., p. 51), afin de se prémunir d'un certain nombre de risques. De la même façon, et parce que l'exploitation de l'équipement contribue à modifier les caractéristiques de ce dernier (usure, état des pièces de fonctionnement, etc.), il n'est pas exclu qu'elle ne modifie pas, de façon plus ou moins importante, les conditions d'intervention ou les modes opératoires à mettre en œuvre lors d'opérations de maintenance.

3.2 Prise en charge de la maintenance et articulation des tâches

Ce que nous avons tenté de mettre en exergue au cours du point précédent, n'est pas tant le fait que la maintenance et l'exploitation soient assurées par des personnes différentes, mais plutôt le fait que les tâches de maintenance et d'exploitation sont en interrelation. En effet, l'articulation des tâches de maintenance et d'exploitation peut constituer une source potentielle de risques, dans le cas d'une prise en charge partagée ou intégrée de la maintenance, dans la mesure où elle peut occasionner des interférences entre schèmes d'activité, voire donner lieu à des conflits d'objectifs pour les opérateurs d'exploitation. Une telle situation pourrait alors être rapprochée du facteur de risques, que Faverge (1970) nomme "intersections" et définit ainsi : "*il y a intersections aux endroits où deux processus se coupent, par exemple au croisement de deux voies de circulation. Le phénomène d'intersection peut concerner l'activité d'un homme qui appartiendrait à la fois à deux services et œuvrerait indépendamment pour l'un et pour l'autre*" (p. 308).

Néanmoins, la forme de prise en charge de la maintenance mise en place n'apparaît pas neutre du point de vue des risques qui pourraient être associés à l'articulation de ces tâches. Ainsi, une maintenance spécialisée et centralisée, assurée dans le cadre d'une prestation de service de cette dernière à l'exploitation, peut être jugée critique de ce point de vue. Selon Faverge (1967) en effet, "*plus la distance* [entre deux unités dans l'organigramme] *est forte et plus la fiabilité risque d'être faible* (...), *l'apport de coordination et de secours venant de la hiérarchie étant fonction de cette distance*" (p. 44-45). Les **frontières entre services** risquent alors d'être "*des endroits où la fiabilité est vulnérable et donc aussi la sécurité*" (ibid., p. 45).

Il reste que la prise en charge d'opérations de maintenance par les opérateurs de production (qu'il s'agisse d'une maintenance intégrée ou partagée, reconnue ou non) peut être considérée comme une **tâche auxiliaire** (cf. Winsemius, cité par Faverge, 1967) par comparaison à la tâche principale des opérateurs (i.e. l'exploitation de l'équipement), voire même être vécue comme une dévalorisation de leur travail par les opérateurs, si la priorité est donnée aux activités d'exploitation dans l'entreprise. Elle peut dès lors revêtir un aspect critique. L'analyse par Winsemius de 30 accidents du travail a en effet montré que la plupart d'entre eux étaient survenus lors de l'exécution de tâches auxiliaires[16]. Et des travaux plus récents tendent à mettre en évidence que les interventions menées, par les opérateurs d'exploitation, suite à des aléas de fonctionnement des équipements (dépistage de fautes, mises au point, nettoyages etc.), constituent des situations accidentogènes (voir, par exemple, Vautrin et al., 1992).

L'articulation des tâches de maintenance et d'exploitation apparaît ainsi critique pour la sécurité des opérateurs, quelle que soit la forme de prise en charge de la maintenance mise en place.

[16] La criticité des situations de récupération était à nouveau soulignée.

REFERENCES

Abéla E., Mazeau M. (1996). Sécurité des travaux dans l'industrie chimique. Un exemple d'intervention. *Actes de la Journée d'Etude de la Société des Electriciens et Electroniciens "L'ergonomie : Facteur de sécurité et d'innovation"*, Toulouse, 21 novembre.

AFNOR (1986 a). *Comment réussir votre maintenance*. Paris, Association Française de Normalisation, Collection "Guides de l'utilisateur", 163 p.

AFNOR (1986 b). *Recueil de normes françaises. Fiabilité, maintenabilité, disponibilité*. Paris, Association Française de Normalisation, 567 p. (2° édition).

Brangier B., Cuny M., Polin A., Cru D. (1997). *Prévention des risques professionnels dans les activités de maintenance sur site*. Metz, Rapport d'étude de l'ARACT Lorraine, 40 p.

Brangier B., Linquier N. (2000). Maintenance sur site. Repenser la prévention des risques professionnels. *Travail et Changement*, Janvier Février, 19-21.

Carballeda G., Daniellou F., Garrigou A. (1994). Les opérateurs acceptent le coût de la performance : Que fait l'ergonome ? *Actes du XXIXe Congrès de la SELF "Ergonomie et Ingénierie"*, Tome 2, Paris, Eyrolles, 204-211.

Courteix-Kherouf S. (1995). *Evolutions technico-organisationnelles et activité collective : La cellule dynamique de travail*. Thèse de Doctorat en Psychologie du Travail, Université de Toulouse Le Mirail, Toulouse, 223 p. (Rapport CENA RR 95021).

De La Garza Corona C. (1995). *Gestions individuelles et collectives du danger et du risque dans la maintenance d'infrastructures ferroviaires*. Thèse de Doctorat d'Ergonomie, Ecole Pratique des Hautes Etudes (Paris), 228 p.

De La Garza C., Weill-Fassina A. (1995 a). Les modalités de gestion collective des risques ferroviaires sur des chantiers d'entretien des voies. *Recherche, Transports, Sécurité*, *49*, 73-84.

De La Garza C., Weill-Fassina A. (1995 b). Méthodes d'analyse des difficultés de gestion du risque dans une activité collective : l'entretien des voies ferrées. *Safety Science*, *18*, 157-180.

Dechez B. (1991). Les activités de maintenance avec ou malgré la GMAO. *Performances Humaines et Techniques*, *55*, 9-12.

Direction des Relations du Travail (1999). *Conditions de Travail. Bilan 1998*. Gap, Publication du Ministère de l'Emploi et de la Solidarité, 341 p.

Fadier E., Mazeau M. (1996). L'activité humaine de maintenance dans les systèmes automatisés : Problématique générale. *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, *30*, 10, 1467-1486.

Fassina A. (1962). L'entretien : Méthode de recherche des pannes et apprentissage. *Bulletin du CERP*, *11*, 3, 269-285.

Faverge J.M. (1966). *L'ergonomie des processus industriels.* Bruxelles, Editions de l'Institut de Sociologie, 176 p.

Faverge J.M. (1967). *Psychosociologie des accidents du travail.* Paris, PUF, 159 p.

Faverge J.M. (1970). L'homme agent d'infiabilité et de fiabilité du processus industriel. *Ergonomics, 13*, 3, 301-327.

Faverge J.M. (1980). Le travail en tant qu'activité de récupération. *Bulletin de Psychologie, 33*, 344, 203-206.

Foot R., Petit S. (1996). *Les relations entre l'exploitation, la maintenance et les équipements dans les stations et gares de la RATP.* Rapport de recherche GIP Mutations Industrielles, Noisy Le Grand, 185 p.

Garrigou A., Carballeda G., Daniellou F. (1998). The role of 'know-how' in maintenance activities and reliability in a high-risk process control plant. *Applied Ergonomics, 29*, 2, 127-131.

Griffon-Fouco M. (1987). Analyse des phénomènes de stress dans une centrale nucléaire. *Actes du Colloque International "La Maîtrise des Risques Technologiques"*, Paris, 7-8 décembre, 101-107.

Hagau S. (1995). *Maintenance et maintenabilité, facteurs indissociables en interaction pour la conception des machines-outils.* Mémoire de DEA, Paris, CNAM - EPHE, 46 p.

Hale A.R., Heming B.H.J., Smit K., Rodenburg F.G.Th., Van Leeuwen N.D. (1998). Evaluating safety in the management of maintenance activities in the chemical process industry. *Safety Science, 28*, 1, 21-44.

Jean R. (1999). Les conditions socio-organisationnelles de la maîtrise technique dans les projets d'automatisation. *Actes de la Journée d'Etudes "Les apports de l'ergonomie dans les projets d'automatisation" de la Société des Electriciens et des Electroniciens*, Paris, 15 juin 1999.

Kandaroun R., Huez D. (1991). *Le travail de consignation en arrêt de tranche : Entre vite et fiable... Une analyse ergonomique des activités de consignation à la centrale B 3/4 du CPN de Chinon.* Rapport EDF-GDF, Paris, 73 p.

Kandaroun R., Huez D. (1992). Le collectif dans les activités de maintenance en centrale nucléaire. *Actes du XXVIIe Congrès de la SELF*, Lille, 23-25 septembre, 107-109.

Krawsky G. (1970). *Problèmes de sécurité et d'organisation relatifs à l'utilisation et l'entretien de ponts roulants.* Rapport INRS, 18 p.

Lacoste M., Rogard V. (1988). Mediatized interaction between experts in the maintenance of automated machine. In J. Ranta (ed.), *Analysis, design and evaluation of man-machine systems.* Pergamon Press, Oxford, 227-228.

Lavina Y. (1994). *Audit de la maintenance.* Paris, Les Editions d'Organisation, 254 p.

Leplat J., Savoyant A. (1972). Entretien et fiabilité. In *Fiabilité et Sécurité. Etudes de Physiologie et de Psychologie du Travail* (pp. 141-198), n° 7, Luxembourg, Direction Générale "Diffusion des connaissances", CID, Commission des Communautés Européennes, Case Postale 1003.

Luxhoj J.T., Riis J.O., Thorsteinsson U. (1997). Trends and perspectives in industrial maintenance management. *Journal of manufacturing systems, 16*, 6, 437-453.

Matziaras I. (1984). *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).* Mémoire de DEA en ergonomie d'ingénierie, Paris, CNAM Université de Paris XIII, 67 p.

Monchy F. (1996). *La fonction maintenance. Formation à la gestion de la maintenance industrielle.* Paris, Masson, 457 p.

Pereira V., Remoiville A., Trinquet P. (1999). *Sous-traitance sur sites industriels : Evaluation des risques professionnels.* Rapport APRIT ARESI-BTP, Marseille, Avril 1999, 37 p.

Pidol J., Hadjidakis G. (1991). La maintenance. Réflexion conduite par Aluminium Dunkerque. *Performances Humaines et Techniques, 55*, 6-8.

Rabardel P. (1995). *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains.* Paris, Armand Colin, 239 p.

Rousseau C., Monteau M. (1991). La fonction de prévention chez l'opérateur. Mise en évidence de conduites sécuritaires au cours d'une activité de chantier. *Les Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS*, 88, 54 p.

Sauvagnac C. (1994). *La coopération négociée : Le cas de la collaboration maintenance - fabrication.* Mémoire de DEA d'Ergonomie, Paris, CNAM, 58 p.

Vautrin J.P., Edwards R., Nicolaisen P. (1992). Robots et ensembles automatisés. Impact de leur utilisation sur les conditions de travail au sein de la communauté européenne. *Les Cahiers de Notes Documentaires de l'INRS, 149*, 455-478.

Villemeur A. (1988). *Sûreté de fonctionnement des Systèmes industriels. Fiabilité, facteurs humains, informatisation.* Paris, Eyrolles, 795 p.

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Objet des fonctions maintenance et exploitation p. 7

Figure 2. Objectifs des fonctions maintenance et exploitation p. 8

Figure 3. Relation de dépendance de l'exploitation vis-à-vis de la maintenance p. 9

Figure 4. Relation de dépendance de la maintenance vis à vis de l'exploitation p. 10

Figure 5. Relations de dépendance mutuelle des fonctions maintenance et exploitation p. 11

Figure 6. Caractéristiques intrinsèques de l'équipement et dépendance mutuelle de la maintenance et l'exploitation p. 12

Figure 7. Prise en charge spécialisée de la maintenance p. 17

Figure 8. Maintenance spécialisée et centralisée assurée par des opérateurs spécialisés p. 18

Figure 9. Maintenance spécialisée et centralisée assurée par des opérateurs polyvalents p. 18

Figure 10. Maintenance spécialisée et géographique p. 19

Figure 11. Prise en charge intégrée de la maintenance p. 20

Figure 12. Prise en charge partagée de la maintenance p. 21

Figure 13. Conflits des objectifs de la maintenance et de l'exploitation au moment où l'intervention est nécessaire (temps t) p. 24