



HAL
open science

Les accidents liés à la maintenance. Etude bibliographique.

C. Grusenmeyer

► **To cite this version:**

C. Grusenmeyer. Les accidents liés à la maintenance. Etude bibliographique.. [Rapport de recherche] Notes scientifiques et techniques de l'INRS NS 248, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). 2005, 68 p. + annexe 5 p., ill., bibliogr. hal-01420166

HAL Id: hal-01420166

<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-01420166>

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.

ifique & technique
note
note scientifique
& technique
fique scientifique
chnique

**Les accidents liés à la maintenance
Etude bibliographique**

Janvier 2005

**Les accidents liés à la maintenance
Etude bibliographique**

Corinne GRUSENMEYER

**Département Homme au Travail
Laboratoire Ergonomie et Psychologie
Appliquées à la Prévention**

Publication réalisée dans le cadre de l'étude
A.8/1.012
« les activités de maintenance : évaluation de leur
criticité et analyses de leurs relations avec
l'exploitation »

NS 248

Les accidents liés à la maintenance. Etude bibliographique.

Corinne Grusenmeyer

Résumé

Bien que la maintenance soit désormais considérée comme une fonction essentielle des entreprises, les risques qui lui sont associés sont encore rarement envisagés. Afin de mieux évaluer l'importance de l'accidentabilité liée à la maintenance et de caractériser les accidents concernés, une étude bibliographique recensant les principaux travaux sur le sujet a été réalisée. Elle fait l'objet de ce document.

Cette étude permet de distinguer trois types de travaux. Les premiers, essentiellement menés par des ingénieurs, visent à quantifier les accidents liés à la maintenance et permettent de souligner leur importance en nombre. Ces travaux sont généralement très centrés sur l'interaction opérateur de maintenance-équipement et tentent de caractériser les éléments de cette interaction. De plus rares études montrent que la maintenance peut également être à l'origine d'accidents pour autrui. Quelques éléments quantitatifs, bien que moins nombreux que les précédents, sont apportés, mais surtout, une vision élargie de ces accidents est proposée. Enfin, quelques études proposent une conception de ces accidents, où l'organisation, le management et les aspects collectifs du travail de maintenance ont une place centrale. Les données quantitatives sont ici beaucoup moins nombreuses et les études davantage focalisées sur la compréhension des différents éléments contribuant à la survenue de tels accidents. Sur la base de ces travaux, la question de la définition de ces accidents est discutée et une conception systémique de ces derniers est proposée.

Mots clés : Maintenance - Sécurité - Accidents du travail - Organisation du travail

COLLECTION DES NOTES SCIENTIFIQUES & TECHNIQUES

Les notes scientifiques et techniques présentent des travaux de synthèse élaborés par des experts en hygiène et sécurité du travail, en particulier de l'INRS : résultats d'études, comptes rendus de séminaires et de colloques, etc.

Sur la base de ces documents peuvent être réalisées des publications plus concises dans des revues scientifiques et/ou de prévention.



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 • Internet : www.inrs.fr • e-mail : info@inrs.fr
Centre de Lorraine : avenue de Bourgogne BP 27 54501 Vandœuvre cedex
Tél. 03 83 50 20 00 • Fax 03 83 50 20 97

**LES ACCIDENTS LIES A LA MAINTENANCE
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

Introduction	1
1 La réalisation de tâches de maintenance, à l'origine de risques pour les opérateurs de maintenance	5
1.1 Les accidents liés à la maintenance, une part importante des accidents du travail	5
1.1.1 De nombreux accidents associés à la maintenance	5
1.1.2 Les opérateurs de maintenance, une population fréquemment accidentée	8
1.2 Principaux éléments de caractérisation des accidents liés à la maintenance	9
1.2.1 Secteurs d'activité, équipements de travail impliqués, types d'accident et "causes principales"	10
1.2.2 Types, tâches et étapes de maintenance les plus accidentogènes	12
1.3 Synthèse et bilan critique de ces études	16
1.3.1 Des risques importants liés à la nature du travail de maintenance	16
1.3.2 Une conception des accidents liés à la maintenance centrée sur la réalisation des interventions par les opérateurs de maintenance	21
2 La maintenance, à l'origine de risques pour d'autres opérateurs	25
2.1 Accidents lors de la réalisation de tâches de maintenance par d'autres opérateurs	25
2.2 Accidents liés à un défaut, une insuffisance ou une inadaptation de la maintenance	28
2.3 Synthèse et bilan de ces études	31
2.3.1 La maintenance, à l'origine de risques pour autrui	31
<i>Formes de prise en charge de la maintenance dans les entreprises et risques pour autrui</i>	31
<i>Objectif de la maintenance et risques pour autrui</i>	33
2.3.2 Une conception des accidents liés à la maintenance prenant en compte les formes de prise en charge de la maintenance et la dualité de l'interaction maintenance-sécurité	36

3	Vers une conception plus systémique des accidents liés à la maintenance	39
3.1	Des relations entre gestion de la maintenance et sécurité	40
3.1.1	Le modèle de la gestion de la maintenance proposé par Hale et ses collaborateurs	40
3.1.2	Les travaux de Ray et ses collaborateurs	44
3.2	Des risques liés aux aspects collectifs du travail de maintenance	47
3.3	Synthèse et bilan critique de ces études	50
3.3.1	Les aspects organisationnels et collectifs du travail de maintenance, des éléments déterminants de sécurité	50
3.3.2	Une conception élargie des accidents liés à la maintenance	53
	Conclusion	59
	Références bibliographiques	63
	Annexes	
	Annexe 1 - Données issues de l'enquête emplois de l'INSEE réalisée en mars 2002	I
	Annexe 2 - Schéma général de l'activité collective proposé par Leplat (1993, 1994, 1997, 2000)	IV

Introduction

Comme le soulignent Ray et al. (2000), les efforts pour prévenir les accidents du travail se sont historiquement focalisés sur les opérations de production. Aujourd'hui, avec l'automatisation accrue, la complexité et le coût croissants des équipements, et par conséquent, la nécessité de réduire les temps d'indisponibilité de ces derniers, la maintenance¹ prend une importance croissante, et il convient de développer la prévention dans ce domaine.

La maintenance constitue en effet une fonction essentielle des entreprises. Présente dans chacune d'entre elles, quel que soit le secteur ou le type d'activités (industries, services, etc. ; cf. Giraud et al., 2001), on peut estimer qu'elle représente a minima 3,2% de l'ensemble des actifs occupés en France (sur la base des données issues de l'enquête emplois menée par l'INSEE en mars 2002 ; cf. annexe 1)², 3% du chiffre d'affaires annuel de l'industrie française (soit 22,8 milliards d'euros) et plus de 450 000 emplois (AFIM, 2004), sans compter ceux pour lesquels les tâches de maintenance constituent des tâches "secondaires".

En outre, et face à un marché concurrentiel, les entreprises sont de plus en plus conscientes de l'enjeu économique que représente la maintenance et, en particulier, celle des outils et équipements de production (Mouss et al., 2003). Parce qu'elle peut contribuer à limiter les prix de revient, par la diminution des arrêts et l'augmentation de la disponibilité des équipements et, ainsi augmenter la productivité, la continuité et la qualité de la production (De Groote, 1993 ; Bourges, 1995), la maintenance est désormais considérée comme une source de productivité et un pilier de l'activité industrielle (Gillerot, 1992 ; De Groote, 1993). Elle constitue d'ailleurs un des domaines professionnels qui contribue à la croissance de l'emploi en France métropolitaine, entre 1982 et 2002 (DARES, 2004). Les différentes politiques de maintenance, qu'elles concernent les stratégies adoptées (choix d'une maintenance préventive systématique ou au contraire d'une maintenance centrée sur le correctif), les moyens mis en œuvre (outils de diagnostic, pièces de rechange, télémaintenance, systèmes de GMAO, etc.) ou les formes d'organisation et de prise en charge

¹ La maintenance est généralement définie comme la combinaison de l'ensemble des actions techniques, administratives et de management, destinées à maintenir ou à remettre un équipement dans un état lui permettant d'accomplir une fonction requise, tout au long de son cycle de vie (Leplat & Savoyant, 1972 ; Afnor, 1986, 2001, 2002 ; Villemeur, 1988 ; Fadier & Mazeau, 1996). Le terme équipement est ici pris dans son sens large ; il fait référence à tout bien, tout élément, composant, système, dispositif ou unité fonctionnelle, qui peut être considéré individuellement.

² Au Québec, la population du personnel de maintenance est estimée représenter de 4 à 8% de la main d'œuvre totale (Giraud et al., 2001).

de ces activités (sous-traitance³, maintenance interne et spécialisée, autonome ou géographique), deviennent alors des moyens d'actions sur les coûts et la disponibilité des équipements (diminution des arrêts, fiabilité, maintenabilité⁴ et productivité ; cf. Gillerot, 1992 ; Mouss et al., 2003). Ceci explique l'attention nettement plus soutenue que portent les entreprises sur cette fonction, même si, comme le souligne Pintelon et al. (2003), cette dernière n'en est pas devenue plus simple pour autant.

Néanmoins, et bien que la nature essentielle du travail de maintenance soit aujourd'hui plus largement reconnue, le fait qu'il puisse tuer ou blesser sérieusement les opérateurs reste encore, selon le Health and Safety Executive (HSE, 1985b), rarement considéré. Le HSE estime d'ailleurs que plus des trois quart des accidents liés à la maintenance auraient pu être évités, si des mesures de prévention adaptées avaient été mises en place.

Une première étude sur ce sujet (Grusenmeyer, 2000a, 2000b, 2000c) avait permis d'acquérir un certain nombre de connaissances sur le travail de maintenance et les évolutions de cette fonction dans les entreprises, les relations fonctionnelles et organisationnelles entre la maintenance et l'exploitation, les interactions des opérateurs concernés et les risques qui peuvent leur être associés. Des analyses macroscopiques en situation avaient également été menées dans deux cadres très contrastés (Grusenmeyer, 1998, 2000d).

Néanmoins, à l'issue de cette première étude, il est apparu que nous ne disposions que de peu de données sur l'accidentabilité liée à la maintenance, même si de nombreux travaux soulignent la criticité de cette dernière en termes de sécurité. Il n'existe pas, à notre connaissance, d'études françaises approfondies et présentant un caractère de généralité, sur les accidents liés à la maintenance (la plupart des résultats disponibles sont issus soit d'études relatives à une situation particulière⁵, soit d'analyses très globales permettant simplement de chiffrer le nombre d'accidents liés à la maintenance). Et de façon plus générale, peu d'études françaises ou étrangères ont évalué ou se sont intéressées à l'impact de la maintenance sur la sécurité (Ray et al., 2000 ; Mansot, 1995 ; Mason, 1990 ; Giraud et al., 2001). L'objectif ici consiste par conséquent à mieux évaluer l'accidentabilité liée à la maintenance, par un recensement des travaux existants.

³ Sur ce point, cf. Héry (2002).

⁴ Sur ce point, voir AFNOR (1982).

⁵ Voir, par exemple, l'étude de Mhamdi (1996) sur les accidents du travail de monteurs électriciens à EDF.

Ce document présente les principaux résultats issus de la littérature et relatifs aux accidents liés à la maintenance. Quelques analyses spécifiques de ces accidents ou des relations maintenance-sécurité ont en effet été menées (voir en particulier HSE, 1985a et b ; Batson et al., 1999 ; Ray et al., 2000). Par ailleurs, un certain nombre de travaux, qui ne traitent pas directement de ce sujet, permettent également d'apporter des éléments d'information à ce propos. C'est le cas, par exemple, d'études relatives aux accidents survenus sur des systèmes automatisés et robotisés (Jiang & Gainer, 1987) ou ayant conduit à des blessures spécifiques (amputations, par exemple ; cf. Sorock et al., 1993).

Précisons que les maladies professionnelles variées, qui peuvent concerner les personnels de maintenance, du fait d'expositions à des produits ou substances dangereuses (radiations, amiante, bruit, benzène, etc.) ou encore de postures difficiles ne seront pas évoquées ici (sur ce point, voir par exemple, le numéro spécial de la revue contrôle de septembre 2003⁶, l'étude menée par l'AFIM en 2004, ou encore l'article de Togny (2004) sur les mesures de prévention des lombalgies mises en place dans un atelier de maintenance de véhicules). De la même façon, les risques liés à la sous-traitance des activités de maintenance ne seront que très ponctuellement abordés (pour plus d'informations à ce propos, se reporter à Pereira et al., 1999 ; Héry, 2002).

Comme nous le verrons, les travaux et études se sont surtout focalisés sur les accidents des opérateurs de maintenance pendant la réalisation de tâches de maintenance (partie 1). Il s'agit essentiellement de travaux, menés par des ingénieurs, essentiellement focalisés sur l'interaction opérateur de maintenance-équipement (i.e. sur le poste de travail), mais qui ont le mérite d'essayer de quantifier ces accidents, et de caractériser les éléments de cette interaction (en particulier, les équipements de travail impliqués).

De plus rares études tendent à élargir cette conception des accidents liés à la maintenance, en montrant que cette dernière peut être à l'origine de risques et d'accidents, pour d'autres opérateurs (partie 2). Elles ne se limitent donc plus à la simple interaction opérateur de maintenance-équipement, mais prennent en compte l'existence d'autres formes de prise en charge que la seule maintenance spécialisée⁷, ainsi que les relations duales qu'entretiennent la maintenance et la sécurité. Quelques éléments quantitatifs (cependant, moins nombreux que ceux issus des travaux précédents) sont apportés par ces études. Toutefois, les relations qui

⁶ Emond (2003) y souligne, par exemple, que la maintenance est à l'origine de la majeure partie de la dose reçue par les travailleurs du nucléaire.

⁷ Pour une définition des différentes formes de prise en charge de la maintenance, voir Grusenmeyer, 2000b.

sous-tendent cet élargissement de la conception des accidents liés à la maintenance ne sont, comme nous le verrons, que rarement explicitées.

Enfin, de très rares travaux proposent une conception plus systémique de ces accidents (partie 3), où l'organisation, les politiques et le management de la maintenance, par exemple, ont une place centrale. Les données quantitatives sur les accidents liés à la maintenance sont ici beaucoup moins nombreuses. Les études se focalisent plutôt sur les éléments explicatifs de la sécurité liée à la maintenance et les relations entre ces éléments, et prennent par conséquent davantage la forme de modèles.

Ce sont ces différents travaux, leurs intérêts et limites que nous nous proposons d'examiner successivement. Ils nous amèneront à nous poser la question de savoir ce qu'est (ce que l'on considère être) un accident lié à la maintenance. Ils nous conduiront également à soutenir un point de vue, qui relève plutôt d'une conception systémique de l'accident (sur ce point, voir Monteau & Pham, 1987), où les interactions entre opérateurs et équipements de travail, dont l'accident peut constituer une résultante, doivent être lus non seulement à la lumière des activités de travail mises en jeu par ces opérateurs, mais aussi à la lumière des interactions complexes entre opérateurs, entre organisations de la maintenance et activités de travail et, plus généralement, à la lumière des diverses caractéristiques des situations de travail (Dubois, 2003 ; Cuny & Gaillard, 2003).

1 La réalisation de tâches de maintenance à l'origine de risques pour les opérateurs de maintenance

Les études relatives aux accidents (et plus généralement aux incidents) liés à la maintenance ont, comme cela a été souligné précédemment, essentiellement été menées par des ingénieurs. Les apports de ces études sont doubles : ils concernent d'une part, l'importance en nombre des accidents liés à la maintenance (§ 1.1), et d'autre part, des éléments de caractérisation de ces accidents, tels que les types, tâches ou étapes de maintenance les plus accidentogènes, ou encore, leurs "causes principales" ou les équipements les plus fréquemment impliqués (§ 1.2). Les principaux résultats issus de ces travaux seront d'abord présentés. Puis une synthèse et un bilan critique de ces études seront effectués (§ 1.3).

1.1 Les accidents liés à la maintenance, une part importante des accidents du travail

Les études sur les accidents liés à la maintenance (qui, rappelons-le, sont peu nombreuses) tendent à mettre en évidence que ces accidents du travail sont importants en nombre. Deux principaux types de résultats, issus de ces travaux et allant dans ce sens, peuvent être distingués. Les premiers concernent le nombre ou la proportion d'accidents du travail qui peuvent être associés à la maintenance. Les seconds sont relatifs au nombre ou à la proportion d'accidents du travail, dont les victimes constituent des opérateurs de maintenance. Les études correspondantes seront examinées successivement.

1.1.1 De nombreux accidents associés à la maintenance

Les résultats issus de plusieurs études, visant à quantifier le nombre ou le pourcentage que représentent, sur l'ensemble des accidents du travail, ceux liés à la maintenance, montrent que ceux-ci sont loin d'être négligeables.

Sur la base des données de l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) sur les accidents du travail survenus en 1989 aux Etats-Unis, il a été estimé que 122 accidents mortels, 2840 journées de travail perdues du fait de blessures, et 31900 accidents n'ayant pas donné lieu à des arrêts de travail, étaient liés à la maintenance (cf. Batson et al., 1999 ; Ray et al., 2000).

Un examen des accidents mortels survenus au Royaume Uni en 1980, 1981 et 1982 (Health and Safety Executive, 1985a), montre que plus de 100 personnes sont tuées chaque année, du fait de la maintenance⁸, tous secteurs confondus (soit 326 décès sur cette période ou 2 accidents mortels chaque semaine). Ce chiffre représente, selon le HSE (1985a), **21% de l'ensemble des accidents mortels survenus au Royaume Uni pour les trois années concernées**. Et il ne correspond, selon les auteurs de cette étude (HSE, 1985a), qu'au sommet de l'iceberg : le Health and Safety Executive estime qu'environ 10 000 accidents graves liés à la maintenance sont susceptibles d'avoir eu lieu de 1980 à 1982. Il est à noter que, bien qu'ils concernent une grande variété d'équipements de travail et de secteurs d'activité, ce sont les accidents liés à la maintenance des installations et équipements de travail d'une part, et à celle des toitures d'autre part, qui sont les plus nombreux. Les premiers représentent en effet un tiers de la totalité des décès (106 accidents mortels) et les seconds, 19,3% de ces accidents (soit 63 accidents mortels ; cf. HSE, 1985a, 1985b).

Un travail ultérieur du Health and Safety Executive (1987) à partir de 2146 événements critiques (i.e. occurrences dangereuses n'ayant pas occasionné de blessures, suivies de blessures ou ayant donné lieu à des accidents graves ou mortels) rapportés par l'industrie chimique sur la période 1982-1985, met en évidence qu'environ 30% d'entre eux, c'est-à-dire près de 700 événements critiques, sont liés à la maintenance. Un peu plus de 500 de ces événements critiques concernaient les installations ou processus chimiques et près de 200 d'entre eux, d'autres équipements ou installations (cas de la maintenance des véhicules, par exemple). Les auteurs de cette étude estiment ainsi que, dans ce seul secteur (l'industrie chimique), 125 personnes par an au moins sont blessées, mortellement ou non, du fait de la maintenance. Ces résultats sont d'ailleurs confirmés par les travaux de Hale et de ses collaborateurs (Hale, Heming, Smit, Rodenburg & Van Leeuwen, 1998) sur une partie de ces données (294 de ces événements critiques ont été analysés), puisque, selon ces derniers, 30% à 40% des accidents sérieux dans l'industrie chimique sont liés à la maintenance. En outre, l'analyse par le HSE (1996) de 1971 incidents survenus sur des installations de forage, sur une période de 3 ans (de 1989 à 1991), montre que 14,7% d'entre eux sont survenus pendant des activités de maintenance.

D'autres travaux tendent à confirmer ces tendances. Par exemple, Tierney (1977) estime que durant l'année 1974, près de 14% de l'ensemble des 2148 accidents survenus dans les mines étaient liés à la maintenance. Toxler (1992) rappelle que, 25 000 personnes se blessent chaque

⁸ La maintenance est considérée ici comme "*the repair, restoration, cleaning of process machinery, plant, vehicles, buildings, structures and roads*" (HSE, 1985a, p. 6).

année, en Suisse, lors des travaux de maintenance et que ce nombre augmente chaque année, tandis que les accidents sont de plus en plus rares lors de la production proprement dite. De la même façon, l'étude par l'AFIM (2004) des accidents et maladies professionnelles de plusieurs entreprises prestataires de service en maintenance, dans la région Provence Alpes Côte d'Azur, souligne que les métiers de la maintenance industrielle sont bien plus exposés que les autres métiers (précisons, néanmoins, que cette dernière étude a porté sur une population de 1250 salariés d'entreprises, prestataires de service en maintenance).

Outre ces analyses spécifiques des accidents liés à la maintenance, un certain nombre d'études d'accidents et incidents impliquant des robots et ensembles automatisés tendent à mettre en évidence que nombre d'entre eux ont eu lieu lors de tâches de maintenance.

Une analyse par Carlsson (cf. Vautrin et al., 1992) de 36 accidents du travail survenus en Suède pendant la période 1979-1983 montre que plus de 40% d'entre eux ont eu lieu lors de tâches de maintenance et de programmation (ces deux types de tâches ne sont pas différenciés dans cette étude). Un examen de 284 accidents ayant eu lieu en Grande Bretagne entre le 1^{er} avril 1987 et le 31 mars 1991 révèle que 31% d'entre eux résultent d'interventions de réglage, de maintenance et de réparation (cf. Vautrin et al., 1992). Par ailleurs, l'enquête par questionnaire fermé, qu'ont menée Vautrin et al. (1992) relativement à 54 accidents du travail survenus en France entre 1983 et 1988 sur des systèmes automatisés ou robotisés, ainsi que celle menée par Jarvinen & Karwowski (1993) sur 85 accidents de gravité variable sur le même type de systèmes aux USA, vont également dans ce sens. Les résultats obtenus laissent en effet penser que les activités de maintenance (cf. Grusenmeyer, 2000a, pour une définition plus précise de ces dernières) sont fréquemment impliquées dans ces accidents : sur l'ensemble de ceux examinés par Vautrin et al. (1992), 54% font en effet suite à un incident, 16% à une mise au point et 6% à une opération de maintenance préventive ; et plus de la moitié (52%) des accidents analysés par Jarvinen et Karwowski (1993) ont eu lieu lors de nettoyages ou de récupération (dégagement d'une obstruction du système, recherche ou rectification de défaut, réparation).

Plusieurs de ces auteurs (voir en particulier Vautrin et al., 1992 ; Jarvinen & Karwowski, 1993) concluent ainsi que **les accidents sur systèmes automatisés ou robotisés ne se produisent généralement pas durant les conditions normales d'exploitation des équipements ou installations, mais lors d'interventions ou suite à des aléas de fonctionnement**, c'est-à-dire lors de tâches qui paraissent, pour la plupart, relever de la maintenance.

Enfin, quelques études réalisées dans des secteurs particuliers montrent que, si les accidents lors d'interventions de maintenance sont relativement rares, ils sont souvent très graves, voire mortels (cas des interventions de maintenance électrique à EDF, par exemple ; cf. Mhamdi, 1996).

1.1.2 Les opérateurs de maintenance, une population fréquemment accidentée

Cette forte accidentabilité liée à la maintenance est confortée par un certain nombre de travaux, qui montrent que **les opérateurs de maintenance sont fréquemment accidentés**.

L'enquête par questionnaire fermé, menée par Vautrin et al. (1992) en France, ainsi que celle réalisée par Jarvinen & Karwowski (1993) aux USA, sur les accidents survenus sur des systèmes automatisés ou robotisés, indiquent que dans 22% des cas, les victimes de ces accidents constituent le personnel de dépannage, de réparation ou de maintenance. Une analyse de 32 accidents impliquant des systèmes robotisés en Suède, en Allemagne, au Japon et aux Etats Unis (cf. Jiang & Gainer, 1987) met, de la même façon, en évidence qu'une proportion non négligeable d'entre eux (19%) concerne des opérateurs de maintenance (on notera toutefois que 72% des victimes de ces accidents étaient les opérateurs du robot, et 9% des programmeurs). En outre, les études menées par le HSE (1985a et b) relatives aux seuls accidents liés à la maintenance, montrent que les opérateurs de maintenance constituent la population la plus fréquemment victime de ces accidents : 20% des 326 accidents mortels analysés (tous types d'équipements ou matériels confondus ; cf. HSE, 1985a) et 37% des 106 accidents mortels liés à la maintenance d'installations et d'équipements de travail (HSE, 1985b) concernent ces opérateurs. Les opérateurs de maintenance apparaissent donc fréquemment accidentés, mais ne semblent pas constituer les seules victimes de ces accidents (nous reviendrons sur ce point).

Mais surtout, plusieurs travaux montrent une **sur-représentation des opérateurs de maintenance dans les statistiques d'accidents**.

Levitt (1997) souligne par exemple que, dans certaines entreprises, les opérateurs de maintenance ont le taux d'accident le plus élevé. L'analyse de 200 accidents du travail dans une tôlerie automobile par Demor (1997) montre "*une plus forte accidentabilité du personnel chargé des diverses activités de maintenance et d'entretien des installations (...) notamment par rapport aux ouvriers de fabrication*" (p. 67). Tandis que les premiers sont concernés par 20% du nombre total d'accidents et 32% du nombre d'accidents ayant conduit à un arrêt de

travail d'au moins 10 jours, ces chiffres sont respectivement de 14% et 20% pour les seconds, une fois rapportés aux effectifs. Une étude menée dans une entreprise de composants automobiles de l'Alabama révèle que, si la part des accidents concernant le personnel de maintenance était, dans l'absolu, moins importante que celle du personnel de deux services opérationnels (respectivement 13,9%, 27,1% et 18,3%), cette tendance était inversée, une fois ce chiffre rapporté aux effectifs (Batson et al., 1999). Et une enquête par interviews menée auprès de 134 personnes ayant été amputées d'un doigt, suite à un accident du travail survenu dans le New Jersey en 1985 et 1986 (cf. Sorock et al., 1993), permet de souligner que le nombre d'opérateurs de maintenance concernés est non négligeable (6,7%), mais surtout que ces derniers sont sur-représentés. Ces opérateurs sont, en effet, pour les accidents analysés, 335 fois plus nombreux que ne le laissent attendre leurs effectifs.

Batson et al. (1999) émettent ainsi l'hypothèse que les opérateurs de maintenance sont plus fréquemment impliqués dans des accidents que toutes les autres catégories de personnels.

Soulignons néanmoins que l'accidentabilité des opérateurs de maintenance n'est pas toujours facile à évaluer. Ainsi, faute d'éléments d'information relatifs aux emplois, Batson et al. (1999) n'ont pu réaliser une telle évaluation, à partir de la base de données de l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA).

1.2 Principaux éléments de caractérisation des accidents liés à la maintenance

Les études, outre le fait qu'elles tendent à montrer qu'une part non négligeable des accidents du travail est liée à la maintenance, apportent également des éléments plus précis de caractérisation de ces accidents. Elles permettent, par exemple, d'identifier les secteurs d'activité les plus concernés par ces accidents, les équipements de travail les plus fréquemment impliqués, la nature de l'événement ultime ayant conduit à ces accidents ("type d'accident") ou encore leur "cause principale". Néanmoins, et comme nous le verrons ci-après, peu de travaux ont cherché à identifier les types, tâches ou étapes de maintenance les plus accidentogènes et les données relatives à ces différents points sont peu nombreuses.

1.2.1 Secteurs d'activité, équipements de travail impliqués, types d'accident et "causes principales"

La littérature permet de caractériser les accidents liés à la maintenance sur un certain nombre de points (seuls quelques résultats seront présentés ici).

Ainsi, et bien que les accidents liés à la maintenance concernent une grande variété de secteurs d'activité, c'est l'industrie manufacturière et le secteur de la construction qui apparaissent les plus touchées : ils représentent respectivement 30,4% et 35,9% des 326 accidents mortels analysés par le Health and Safety Executive (1985a). Un quart des accidents mortels dans l'industrie sont liés à la maintenance, selon cette même source (HSE, 1985a et b, 1987).

Les équipements de travail, sur lesquels le plus grand nombre d'accidents liés à la maintenance sont observés, constituent selon les études menées par le Health and Safety Executive⁹, les convoyeurs et élévateurs. Ce résultat est, selon ces derniers auteurs (cf. HSE, 1985a et b), sans doute à mettre en relation avec une large utilisation de ce type d'équipements dans les entreprises.

Toujours selon ces mêmes sources et sur la base des mêmes données, la nature de l'événement ultime ayant conduit à l'accident (ou "types d'accident") la plus fréquemment observée, constitue, pour l'ensemble des accidents liés à la maintenance (c'est-à-dire tous secteurs d'activité confondus), les chutes de hauteur, et pour les accidents liés à la maintenance d'installations et d'équipements de travail, l'écrasement par une machine (cf. figure 1).

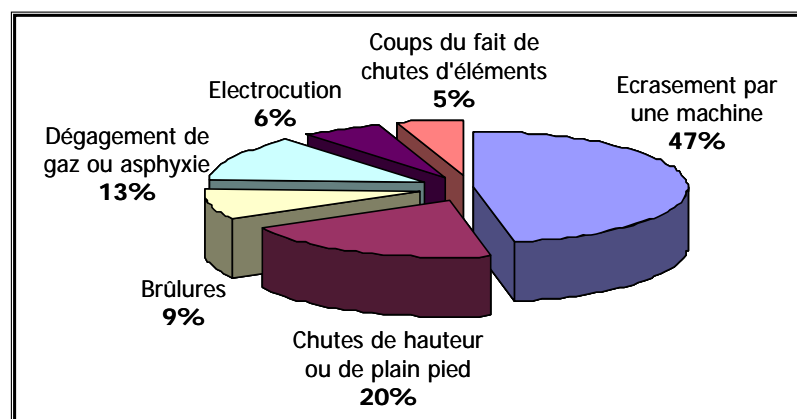


Figure 1. Répartition des 106 accidents mortels liés à la maintenance d'installations et d'équipements de travail selon le "type d'accidents" (d'après le HSE, 1985b)

⁹ Rappelons que ces études portaient d'une part, sur 326 accidents mortels liés à la maintenance, et survenus au Royaume Uni, de 1980 à 1982, et d'autre part, sur 106 accidents mortels liés à la maintenance d'installations et d'équipements de travail sur la même période.

Quant aux "causes principales" des accidents liés à la maintenance (c'est-à-dire, selon le HSE, le facteur le plus important dans la chaîne d'événements ayant conduit à l'accident mortel), les études du Health and Safety Executive (1985a, 1985b, 1987) montrent qu'elles relèvent fréquemment de ce que ces derniers auteurs appellent des "*défauts dans le système de travail*" ou dans les autorisations de travail. Entrent dans cette catégorie (cf. HSE, 1987) tout ce qui relève du management, de l'absence de communications adéquates, de la politique de maintenance et de prévention des tâches de maintenance dans l'entreprise, de la planification des travaux, de la gestion de la maintenance (procédures de maintenance, par exemple), de l'absence, l'inadéquation ou l'incomplétude des autorisations ou permis de travail, ou encore de dysfonctionnements lors du retour de l'installation au personnel d'exploitation après intervention (cf. figure 2).

Il reste que cette catégorisation des "causes principales" des accidents liés à la maintenance est peu explicite, car très sommaire (il n'y a pas de définition précise des différentes catégories utilisées par le HSE). Les catégories utilisées recouvrent, selon les cas, des champs très vastes (cas des "*défauts dans le système de travail*" évoqués précédemment) ou au contraire beaucoup plus restreints ("*conception de l'installation ou des équipements*", par exemple ; cf. figure 2). Enfin, les auteurs ne précisent pas la façon dont a été déterminée l'importance des différents facteurs dans la chaîne d'événements ayant conduit à l'accident, ni les raisons du choix de la catégorisation utilisée ou les principes qui l'ont guidé.

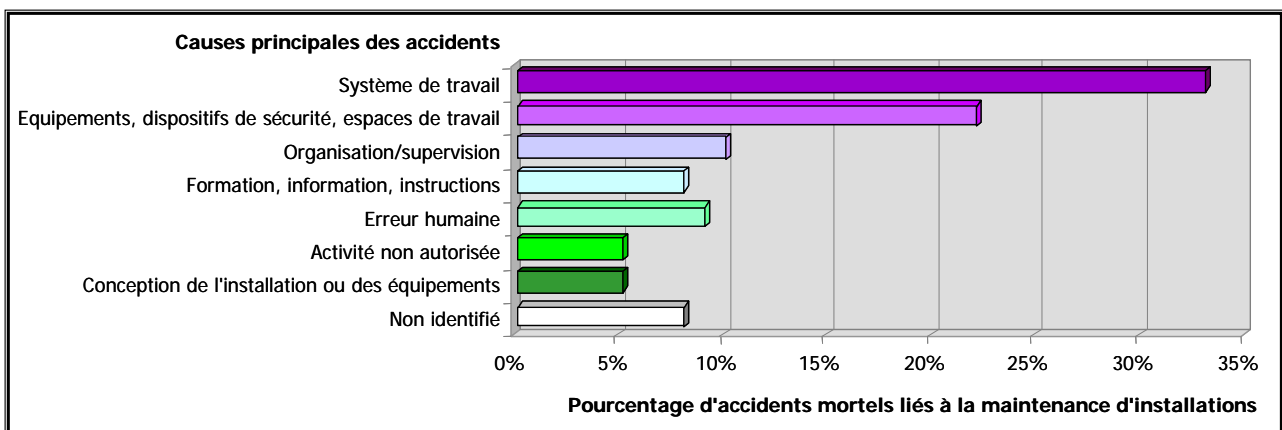


Figure 2. Répartition des 106 accidents mortels liés à la maintenance d'installations et d'équipements de travail selon leur "cause principale" (d'après le HSE, 1985b)

1.2.2 Types, tâches et étapes de maintenance les plus accidentogènes

Les études permettent également d'apporter quelques éléments d'information relatifs aux types, tâches ou étapes de maintenance les plus accidentogènes. Il faut néanmoins préciser que ces travaux sont, à notre connaissance, très peu nombreux et que les données ne sont généralement pas traitées sous cet angle. Par exemple, la première étude du HSE (1985a), pourtant relative aux accidents mortels liés à la maintenance, n'apporte aucune information à ce propos. Les résultats, relatifs à ce que ces auteurs appellent les "activités de maintenance", concernent en effet davantage les équipements impliqués (par exemple, travaux de toitures, maintenance des machines ou installations, maintenance des bâtiments et des structures ; cf. HSE, 1985a), que les types de maintenance (préventive, corrective, à échelle majeure¹⁰) ou de tâches (consignation, réparation, essai de l'équipement, par exemple) concernés (pour une définition de ces différentes tâches ; cf. Grusenmeyer, 2000a).

Néanmoins, et en ce qui concerne le type et les tâches de maintenance les plus accidentogènes, l'étude par le Health and Safety Executive (1985b) de 106 accidents mortels, intervenus lors de la maintenance d'installations et d'équipements de travail, montre que :

- 66% de ces accidents mortels ont eu lieu, alors qu'une panne s'était manifestée ou qu'une réparation programmée était menée, c'est-à-dire lors de tâches qui, selon nous, relèvent de la maintenance corrective ;
- 25% d'entre eux se sont produits lors de nettoyages, que l'on peut supposer de type préventif ; en effet, bien que leur nature préventive ou corrective ne soit pas précisée par les auteurs, ces nettoyages relèvent probablement de la première catégorie (i.e. maintenance préventive), sans quoi ils auraient logiquement dû être classés avec les accidents précédents (nettoyages faisant suite à une panne) ;

¹⁰ Trois types de maintenance sont généralement distingués dans la littérature (cf. Grusenmeyer, 2000a) :

- la *maintenance corrective*, c'est-à-dire celle 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 (cf. Leplat & Savoyant, 1972 ; Afnor 1986, 2001 ; Villemeur, 1988 ; Bertrand & Weill-Fassina, 1993) ;
- la *maintenance préventive*, à savoir celle 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 & Savoyant, 1972 ; Afnor, 1986, 2001 ; Villemeur, 1988 ; Fadier & Mazeau, 1996) ;
- la *maintenance à échelle majeure*, effectuée dans le but de permettre l'accomplissement par l'équipement de fonctions nouvelles ou supplémentaires ou des mêmes fonctions dans de meilleures conditions (De La Garza, 1995).

- 9% sont survenus lors d'examens, de lubrification, de peinture, dont la nature (corrective, préventive, à échelle majeure) est très difficile à déterminer, sans disposer de davantage de précisions.

L'analyse des 502 événements critiques liés à la maintenance dans l'industrie chimique par le Health and Safety Executive (1987, 1992), tend de la même façon à mettre en évidence que la majorité d'entre eux ont eu lieu lors de tâches de maintenance corrective, mais qu'une part importante de ces événements se produit lors de tâches de type préventif. Un regroupement, des différentes "activités de maintenance" distinguées par ces auteurs, par type de maintenance (cf. tableau 1), permet en effet de montrer que, plus de 44% des 502 événements critiques ont eu lieu lors de réparations, et que 17,3% de ces événements sont survenus lors de nettoyages, probablement de type préventif. Notons que de tels regroupements n'ont pu être menés pour l'ensemble des tâches auxquelles le HSE se réfère, dans la mesure où, d'une part, les différentes catégories utilisées ne sont pas définies, et où d'autre part, certaines d'entre elles étaient susceptibles de faire référence à plusieurs types de maintenance (cas de la catégorie "*réparation, entretien des filtres et instruments*", par exemple).

TACHES DE MAINTENANCE		POURCENTAGE D'EVENEMENTS CRITIQUES OBSERVES	
Réparation	Installation, récipients de stockage Canalisations, soupapes, pompes Machines	13,3% (67)* 28,1% (141) 3,2% (16)	44,6% (224)
Nettoyage de l'installation, du processus		17,3% (87)	
Dégagement d'obstructions sur l'installation		12,9% (65)	
Arrêt ou (re)démarrage de processus		5,4% (27)	
Inspections, tests		5% (25)	
Réparation, entretien des filtres et instruments		3,6% (18)	
Travaux de peinture et de calorifugeage		2,6% (13)	
Conséquences du travail de maintenance		2% (10)	
Autres activités		6,6% (33)	
TOTAL		100% (502)	
* Les chiffres entre parenthèses sont relatifs aux effectifs			

Tableau 1. Répartition des 502 événements critiques liés à la maintenance dans l'industrie chimique selon la tâche concernée, d'après l'étude du HSE (1987)

En outre, la criticité des tâches de maintenance corrective est soulignée dans d'autres travaux. Tierney (1977) identifie en effet les réparations générales et le remplacement de pièces,

comme étant les activités de maintenance les plus dangereuses dans l'industrie minière. Pour sa part, l'AFIM (2004) montre, à l'occasion d'une étude des accidents de plusieurs entreprises de maintenance prestataires de service, que près de 50% des accidents des techniciens de maintenance, liés à leurs interactions avec le procédé, ont eu lieu lors d'interventions de maintenance corrective en fonctionnement. La CRAM de Normandie (2002) identifie, quant à elle, parmi l'ensemble des accidents répertoriés dans la base de données EPICEA de l'INRS pour les années 1984 à 1998, 93 accidents liés à des dépannages et à des interventions de maintenance corrective immédiate.

Par conséquent, la maintenance corrective, et en particulier les tâches de dépannage et de réparation¹¹ (celles-ci ne sont généralement pas dissociées dans les études), apparaissent les plus accidentogènes. Néanmoins, les tâches de maintenance préventive de premier niveau (nettoyages notamment) semblent être, sur la base de ces résultats, également dangereuses. L'examen par le HSE (1985b) des accidents de type "*écrasement par une machine*" (50 accidents de ce type ont été analysés) tend d'ailleurs à conforter ce constat, puisque la plupart d'entre eux se sont produits, alors que des nettoyages, réglages, lubrification ou tests des équipements étaient réalisés. En outre, les travaux de Giraud et al. (2003) tendent à confirmer cette criticité des interventions de nettoyage, puisque l'analyse par ces auteurs de 85 accidents graves ou mortels, impliquant des convoyeurs à courroie, montre que dans 30% des cas, les accidents surviennent lors de telles interventions.

Pour ce qui est des étapes de maintenance¹², il semble que ce soit lors de la réalisation de l'intervention de maintenance elle-même (dépannage, réparation, nettoyage, par exemple) que se produit le plus grand nombre d'accidents ou d'incidents (cf. tableau 1, page 13).

Cette observation doit néanmoins être prise avec précaution. En effet, d'une part, il n'existe, à notre connaissance, que très peu de travaux ayant mené des analyses systématiques des étapes de maintenance, au cours desquelles surviennent les accidents liés à la maintenance. D'autre

¹¹ Le *dépannage* fait généralement référence à une intervention de maintenance corrective de nature provisoire, tandis que la *réparation* correspond à une intervention de maintenance corrective en principe définitive (cf. Grusenmeyer, 2000a).

¹² Trois grandes étapes ou phases de travail peuvent être distinguées dans le déroulement temporel d'une intervention de maintenance (cf. Grusenmeyer, 2000a) :

- une phase de travail antérieure à la réalisation de l'intervention, au cours de laquelle le diagnostic de la panne ou la consignation de l'équipement par exemple, sont réalisés ;
- une phase de réalisation de l'intervention de maintenance elle-même (réparation, inspection de l'équipement ou modification de ce dernier, par exemple) ;
- une phase de travail consécutive à la réalisation de l'intervention, où diverses tâches, telles la déconsignation de l'équipement, la remise en configuration de marche ou encore la reprise en main de l'équipement par l'exploitation, peuvent être menées.

part, certaines études tendent à montrer l'importance des phases préparatoires et postérieures à la réalisation des interventions de maintenance. Ainsi, des investigations conduites par l'Occupational Safety and Health Administration sur 83 accidents mortels liés à la maintenance, survenus entre 1974 et 1980, mettent en évidence que 25 % de ces accidents pouvaient être attribués au non respect des procédures de sécurité et, que pour 60% d'entre eux, des erreurs dans la mise à disposition ou la consignation des équipements avant la réalisation de l'intervention de maintenance elle-même, étaient en cause (cf. Ray et al., 2000). L'étude par le Health and Safety Executive (1987) de 502 événements critiques liés à la maintenance dans l'industrie chimique montre que, bien que les trois quart d'entre eux (76%) soient survenus lors de la réalisation de l'intervention elle-même, les phases préparatoires et consécutives à ces interventions de maintenance sont également critiques : elles concernent respectivement 7% et 17% des événements analysés (résultats d'ailleurs confortés par l'analyse qu'ont menée Hale et al. (1998) de 294 de ces mêmes événements). Les tâches en cause constituaient principalement, en ce qui concerne la préparation des interventions, la purge, la vidange/le drainage et l'isolement (arrêt) de l'équipement et, pour celles consécutives à l'intervention, la phase de reprise en main de l'installation par l'exploitation. Ainsi, plusieurs événements critiques liés à des incompréhensions sur la fin effective de l'intervention de maintenance ou encore à l'identification des conditions permettant un retour à l'exploitation ont été identifiés (HSE, 1987). Les résultats obtenus par 8 entreprises des Pays-Bas à un audit, visant à évaluer leur gestion de la maintenance, montrent que le point le plus faible, en ce qui concerne l'exécution de la maintenance, est relatif au processus par lequel les installations sont rendues à l'exploitation après intervention (cf. Hale et al., 1998). En outre, l'analyse d'une base de données d'incidents concernant des électriciens intervenant sur l'infrastructure d'un système complexe de transport (cf. Celier, 1995) met en évidence que ceux-ci surviennent principalement au stade de la détection des défaillances et de l'élaboration de la décision, c'est-à-dire lors de la phase de diagnostic antérieure à la réalisation de l'intervention elle-même. De la même façon, Thouy et Leclercq (2002) soulignent, dans leurs analyses des accidents de plain-pied des opérateurs d'EDF, la criticité de la phase de préparation du matériel lors des interventions des agents.

1.3 Synthèse et bilan critique de ces études

1.3.1 Des risques importants liés à la nature du travail de maintenance

Ces études des accidents ou incidents liés à la maintenance permettent d'apporter un certain nombre d'éléments quantitatifs et qualitatifs permettant de caractériser les accidents concernés. On rappellera néanmoins qu'elles sont relativement peu nombreuses et que les données relatives aux types, étapes ou tâches de maintenance les plus accidentogènes, par exemple, sont également peu nombreuses, faute d'analyse systématique de ces variables.

Les travaux tendent notamment à montrer que :

- de nombreux accidents du travail sont liés à la maintenance ; rappelons que, selon le HSE (1985a), ces derniers représentent 21% de l'ensemble des accidents du travail mortels survenus au Royaume Uni entre 1980 et 1982, tous secteurs d'activité confondus ; les opérateurs de maintenance constituent ainsi une population assez fréquemment accidentée, voire même sur-accidentée dans un certain nombre de cas ;
- la maintenance corrective, et plus spécifiquement les tâches de dépannage et de réparation, apparaissent les plus accidentogènes, mais de nombreux accidents surviennent également lors de la réalisation de tâches de maintenance préventive de premier niveau (nettoyages, en particulier) ;
- bien que la majorité des accidents de maintenance semblent se produire lors de la réalisation de l'intervention elle-même, un nombre non négligeable d'entre eux surviennent également lors des phases préparatoires et postérieures à la réalisation des interventions ;
- l'industrie manufacturière et la construction constituent les secteurs d'activité dans lesquels sont observés le plus grand nombre d'accidents liés à la maintenance ; par ailleurs, certains équipements de travail (convoyeurs et élévateurs) paraissent plus fréquemment impliqués dans ces accidents.

Ces différents résultats sont indicatifs de la criticité des interventions de maintenance pour la sécurité des opérateurs (Afnor, 1986 ; Hale et al., 1998 ; Faverge, 1970 ; Vautrin et al., 1992 ; Direction des Relations du Travail, 1999). Ils peuvent être mis en relation avec les caractéristiques suivantes du travail de maintenance (De La Garza, 1995 ; Garrigou et al. 1998 ; Pereira et al., 1999 ; pour plus de précisions, cf. Grusenmeyer, 2000a, à paraître).

Sa forte diversité

Les tâches de maintenance sont en effet extrêmement diverses, tant du point de vue de leur ampleur, de leur complexité ou encore des compétences, connaissances, savoir-faire ou habiletés qu'elles requièrent (cf. De la Garza & Weill-Fassina, 1995 ; Grusenmeyer, 2000a). Elles sont peu répétitives (Mansot, 1995 ; Giraud et al., 2001). Cette variabilité des tâches à mener contribue à expliquer que seuls certains travaux de maintenance soient préparés et que l'acquisition d'expérience par les opérateurs soit rendue difficile. Comme le soulignent Bounot, Mazeau & Jules (1996), le travail de maintenance est un "*travail, parfois complexe, (...) exigeant une grande habileté gestuelle... qui ne s'acquiert que par la pratique, et une pratique suffisamment prolongée*" (p. 20 ; sur ce point, voir également Vidal-Gomel, Samurçay & Rabardel, 1998).

Son incertitude intrinsèque

Les tâches de maintenance sont caractérisées par un fort degré d'incertitude et une forte hétérogénéité (cf. Matzarias, 1984 ; De La Garza & Weill-Fassina, 1995 ; De La Garza, 2000 ; Garrigou et al., 1998). Elles donnent ainsi une place prépondérante à la gestion d'aléas et d'imprévus par les opérateurs et nécessitent la mise en place d'activités de régulation souvent coûteuses sur les plans physique et cognitif (Carballeda et al., 1994). Les situations inhabituelles de travail constituent alors souvent le quotidien des opérateurs de maintenance. Or, les risques d'accident sont plus importants dans ces dernières situations (cf. Faverge, 1970).

Le fait que ce travail s'exerce dans des environnements souvent dangereux, extrêmement variables et dynamiques (Bounot et al., 1996 ; De La Garza, 1995 ; De La Garza & Weill-Fassina, 1995)

Les interventions de maintenance supposent fréquemment l'accès à des zones dangereuses, qui ne sont plus protégées et habituellement pas approchées (Health and Safety Executive, 1985b ; Mason, 1990). Elles peuvent, par exemple, supposer l'entrée dans un espace confiné ou dans lequel l'oxygène est déficient, le contact avec une atmosphère toxique, inflammable ou explosive etc. (Batson et al., 1999). Par ailleurs, ces interventions se déroulent fréquemment "sur place", c'est-à-dire dans des contextes techniques et environnementaux très différents. Les opérateurs de maintenance n'ont généralement pas de poste fixe de travail, mais interviennent sur des sites multiples (cf. Bourges, 1995 ; Bounot et al., 1996 ; Richez, 2004), ce qui nécessite par conséquent une forte mobilité de leur part (Matzarias, 1984),

mobilité qui peut également constituer une source de risques. De plus, et en fonction de l'avancement des travaux, le contexte de l'intervention est souvent lui-même évolutif (cf. De La Garza & Weill-Fassina, 1995). Autant d'éléments qui rendent la connaissance par les opérateurs des risques présentés par les différents environnements difficile, la préparation de l'intervention (repérage de la configuration des lieux d'intervention et de l'aire de travail, choix et vérification de l'outillage nécessaire, etc.) primordiale (Rousseau & Monteau, 1991 ; Bourges, 1995), et la sécurisation de ces différents sites d'intervention peu aisée (Mansot, 1995 ; Giraud et al., 2001).

Le fait que le travail de maintenance nécessite des actions directes sur les équipements de travail, équipements par ailleurs rarement conçus de façon à permettre de telles tâches

En effet, et contrairement à de nombreuses autres tâches, pour lesquelles un éloignement des processus de travail ou des équipements est observé, les tâches de maintenance (qu'il s'agisse de réparation, d'entretien de routine ou de nettoyages) nécessitent le plus souvent la réalisation d'actions manuelles et d'interventions directes sur les équipements, d'où des risques spécifiques au type d'équipements ou d'installations maintenus (contacts avec des équipements, substances, matières dangereux). La réalisation efficace de l'intervention peut elle même supposer que l'équipement dispose encore de quelques sources d'énergie (sans compter les dangers qui peuvent être présentés par des équipements de travail, porteurs d'une énergie résiduelle). De plus, les équipements étant rarement conçus de façon à permettre les tâches de maintenance, y compris les plus fréquentes (absence ou faible maintenabilité¹³), "*les conditions matérielles d'intervention peuvent (...) être extrêmement difficiles*" (Daniellou et al., 1994, p. 183 ; Bourges, 1995) : postures, efforts, exposition aux risques, mais aussi travail en hauteur, dans des zones habituellement inaccessibles et dont l'espace est limité, manutentions de pièces lourdes... Leur réalisation peut alors supposer un "shuntage" des dispositifs de sécurité des équipements (HSE, 1985b ; Vautrin et al., 1992 ; Batson et al., 1999).

¹³ La conception inadaptée des systèmes de sécurité ou des équipements, et plus généralement, l'absence ou la faible maintenabilité de ces derniers (espace de travail limité, moyens d'accès inadéquats, conception inadéquate, par exemple ; cf. Mason, 1990 ; Bounot et al., 1996) sont fréquemment identifiées par le HSE (1985b) comme un facteur d'accident, ayant conduit au "shuntage" des dispositifs de sécurité des équipements ou au non respect de l'ensemble des étapes permettant un isolement électrique ou mécanique.

Le fait que le travail de maintenance mobilise des savoir-faire divers et souvent implicites, suppose des prises et des traitements d'informations extrêmement variables, dans leur forme (information formelle ou informelle) et leur nature (bruits, fumées, vibrations, etc.), et fasse appel à des raisonnements complexes (cf. De La Garza & Weill-Fassina, 1995 ; Bounot et al., 1996 ; Garrigou et al., 1998)

En effet, ces différents éléments ne facilitent pas la connaissance du travail de maintenance par les entreprises, sa reconnaissance par ces dernières, ni sa prise en compte dans la conception ou l'aménagement des situations de travail.

Par conséquent, et comme le soulignent Ray et al. (2000 ; voir également Batson et al., 1999), la nature du travail de maintenance exposerait ceux qui le réalisent à des risques plus grands, comparativement aux activités d'exploitation. Et l'hypothèse, selon laquelle de nombreux accidents du travail sont liés à la maintenance peut être émise.

De la même façon, le fait que la maintenance corrective (tâches de dépannage et de réparation, notamment) apparaisse, sur la base d'un certain nombre de travaux, la plus accidentogène, peut être mis en relation avec certaines caractéristiques de ce type de maintenance.

Les contraintes de productivité conduisent en effet généralement à la réalisation de ce type de tâches sous fortes contraintes temporelles et en situation de "crise", dans la mesure où elles ne sont, le plus souvent, pas prévues¹⁴ et où la panne ou le dysfonctionnement peut conduire à une indisponibilité de l'équipement (Faverge, 1967 ; Celier, 1995 ; Bourges, 1995 ; Demor, 1997 ; Pereira et al., 1999 ; Grusenmeyer, 2000b). Par ailleurs, et par comparaison aux tâches de maintenance préventive ou à échelle majeure, elles sont généralement marquées par une incertitude plus grande, plus difficiles à préparer (puisque souvent non planifiées), et dépendent largement des informations fournies par l'exploitation relativement à la panne ou au dysfonctionnement survenu (Leplat & Savoyant, 1972 ; Lacoste, 1991 ; Abéla & Mazeau, 1996 ; Lasserre & Chabaud, 1996 ; De La Garza, 2000). De La Garza (2000) les décrit ainsi comme des tâches inopinées, dont les modes opératoires ne peuvent pas, du fait de l'hétérogénéité des situations, être précisément définis, et qui requièrent une diversité de connaissances (sur le fonctionnement des équipements, les types de pannes et les sources de dysfonctionnements possibles, les outils de travail, la localisation des équipements et la

¹⁴ L'élément déclencheur de ces interventions (panne, dysfonctionnement ou défaut) est souvent aléatoire.

géographie des lieux). Elles constituent ainsi fréquemment des tâches de récupération¹⁵, tâches pour lesquelles il existe, selon Faverge (1980), un risque accru d'accident. L'analyse par Demor (1997) des accidents du travail et des bons de travaux, dans une tôlerie automobile, confirme d'ailleurs cette observation, puisque l'auteur constate que les activités de récupération réalisées par les conducteurs d'installation, en phase de production, sont particulièrement accidentogènes.

Parmi les différentes tâches de maintenance corrective, le dépannage constitue sans doute la plus critique. Dans ce cas en effet, ce sont des solutions provisoires qui sont apportées, et de surcroît dans un délai bref, ce qui ne favorise pas la préparation de l'intervention, ni la connaissance de son contexte de réalisation. En outre, plusieurs études soulignent que ces tâches sont fréquemment réalisées par les opérateurs d'exploitation (voir par exemple Vautrin et al. (1992) dans le cas de systèmes automatisés et robotisés ; Grusenmeyer, 2000b, 2000d), alors même que ces opérateurs ne disposent pas toujours des informations, outils, pièces ou compétences nécessaires. Par conséquent, nous pouvons soutenir l'hypothèse, selon laquelle la maintenance corrective, et en particulier les tâches de dépannage et de réparation, sont les plus accidentogènes. Néanmoins, les tâches de maintenance préventive nous paraissent également, bien que dans une moindre mesure, critiques en termes de sécurité. C'est ce que tendent à montrer les travaux évoqués précédemment (cas des nettoyages, notamment). De plus, ces dernières peuvent être également soumises à d'importantes contraintes temporelles (voir, par exemple, Leplat & Savoyant, 1972 ; Hagau, 1995 ; Brangier et al., 1997), dans la mesure où, même si elles ne sont pas rendues nécessaires par un état d'indisponibilité de l'équipement, leur réalisation peut exiger un tel état. Par ailleurs, la prise en charge fréquente de ces tâches par les opérateurs d'exploitation (cas des organisations de la maintenance de type "Total Productive Maintenance", "maintenance autonome" ou "maintenance de production", par exemple), alors même que ces derniers ne disposent pas toujours des informations ou moyens nécessaires, pourrait expliquer qu'un nombre non négligeable d'accidents survient lors de la réalisation de ces tâches de maintenance préventive de premier niveau.

¹⁵ "Récupérer, c'est œuvrer pour remettre à la valeur qu'elle doit avoir une variable qui s'en écarte, pour rétablir sur ses rails un processus qui tendrait à dérailler, pour faire disparaître des dysfonctionnements, des perturbations, ou des déviations, pour remettre en marche après une panne ou un incident. Récupérer n'est pas seulement réparer (un organe tombé en panne), mais aussi ajuster, réguler, c'est-à-dire ramener à la norme" (Faverge, 1980, p. 203).

Enfin, et pour ce qui est des phases de maintenance les plus accidentogènes, le fait que la réalisation de l'intervention elle-même soit associée à un nombre important d'accidents, est compréhensible, ne serait-ce que parce qu'elle nécessite le plus souvent des actions directes des opérateurs sur les équipements, souvent effectuées manuellement. Néanmoins, plusieurs études laissent penser que les activités antérieures à la réalisation de l'intervention (i.e. préparation de l'intervention, diagnostic, consignation et isolement des équipements...) et celles menées à son issue (déconsignation, essai de l'équipement, reprise en main de l'installation par l'exploitation, etc.), peuvent également être déterminantes pour la sécurité des opérateurs. Ces travaux (Chabaud et al., 1987 ; Rousseau & Monteau, 1991; Hancock, 1992 ; Abéla & Mazeau, 1996 ; Hale et al., 1998) soulignent en effet que :

- la préparation des interventions de maintenance constitue une activité essentielle et ce, d'autant plus que la réalisation de l'intervention est complexe et peu fréquente ; ces opérations de préparation et d'anticipation, qu'elles soient formelles ou informelles, déterminent les conditions de sécurité des interventions ; de plus, souvent elles sont elles-mêmes complexes, nécessitent la synchronisation de toute une série d'activités et impliquent, dans la plupart des cas, un ensemble d'agents, dont les actions individuelles doivent être coordonnées ;
- les activités postérieures à la réalisation des interventions et, notamment, le processus par lequel l'installation est rendue à l'exploitation après intervention, sont également cruciaux ;
- par ailleurs, ces phases de travail sont souvent moins formalisées dans les entreprises et reposent, pour une large part, sur les interactions des opérateurs de maintenance et d'exploitation (cas de la maintenance corrective, notamment).

Par conséquent, l'hypothèse selon laquelle de nombreux accidents liés à la maintenance surviennent lors des phases préparatoires et postérieures à la réalisation de l'intervention est envisageable, même si l'on peut s'attendre à ce que la majorité d'entre eux aient lieu lors de l'intervention elle-même.

1.3.2 Une conception des accidents liés à la maintenance centrée sur la réalisation des interventions par les opérateurs de maintenance

Bien que les études, présentées précédemment, aient le mérite de mettre en évidence le fait que les tâches de maintenance sont accidentogènes et, ainsi, de sensibiliser à leur criticité, la conception des accidents, sous-jacente à ces travaux, nous paraît néanmoins assez "microscopique".

En effet, si ces études vont au delà d'une approche purement technique des accidents et accordent une place importante à la nature des tâches concernées, la conception des accidents liés à la maintenance sous-jacente est plutôt centrée sur une **interaction opérateur de maintenance-équipement de travail, via la réalisation d'une intervention de maintenance**, c'est-à-dire une conception limitée au poste de travail. Il faut d'ailleurs souligner que les auteurs ne précisent généralement pas ce qu'ils considèrent être un accident lié à la maintenance, voire même, la définition de la maintenance à laquelle ils se réfèrent.

Ainsi :

- en ce qui concerne les tâches considérées, ces études sont très centrées sur la réalisation de l'intervention de maintenance elle-même et une attention moindre est accordée, comme nous l'avons souligné précédemment, aux phases préparatoires et postérieures à cette dernière ; la définition de la maintenance, utilisée par le HSE dans ses études, est d'ailleurs indicative de ce point de vue ; celle-ci est en effet considérée comme "*the repair, restoration, cleaning of process machinery, plant, vehicles, buildings, structures and roads*" (HSE, 1985 a, p. 6), sans précision sur l'inclusion ou l'exclusion des activités préparatoires et postérieures à la réalisation de ces interventions ;
- les organisations et les prises en charge de la maintenance ne sont pas mentionnées dans ces études (il faut néanmoins préciser que les informations disponibles dans les bases de données relatives aux accidents du travail ne sont pas toujours suffisantes pour les identifier ; cf. Hale et al., 1998) ;
- les opérateurs auxquels il est fait référence, constituent généralement les seuls opérateurs de maintenance ;
- par ailleurs, les aspects collectifs du travail de maintenance ne sont généralement pas évoqués ; les opérateurs impliqués dans les accidents du travail liés à la maintenance apparaissent seuls ;
- les équipements de travail concernés font, par contre, l'objet d'investigations plus fines (cf. HSE, 1985a, 1985b, 1987) ;
- enfin, ces travaux apportent assez peu d'éléments sur les causes de ces accidents.

Les accidents du travail liés à la maintenance sont ainsi essentiellement considérés comme les accidents survenus à un opérateur de maintenance, alors qu'il réalisait une intervention de maintenance sur un équipement de travail. La notion de système (Monteau & Pham, 1987), ainsi que les aspects organisationnels et collectifs du travail de maintenance, sont assez peu

présents dans ces travaux. Or, et comme nous le verrons, ces aspects sont importants à considérer, d'une part, parce que la maintenance est également à l'origine de risques pour d'autres opérateurs, d'autre part, parce qu'ils peuvent constituer des facteurs déterminants des accidents liés à la maintenance.

La conception des accidents liés à la maintenance sous-jacente aux travaux, présentés dans cette première partie, peut ainsi être représentée de la façon suivante (cf. figure 3). Elle montre que l'accent est essentiellement mis sur les équipements de travail impliqués.

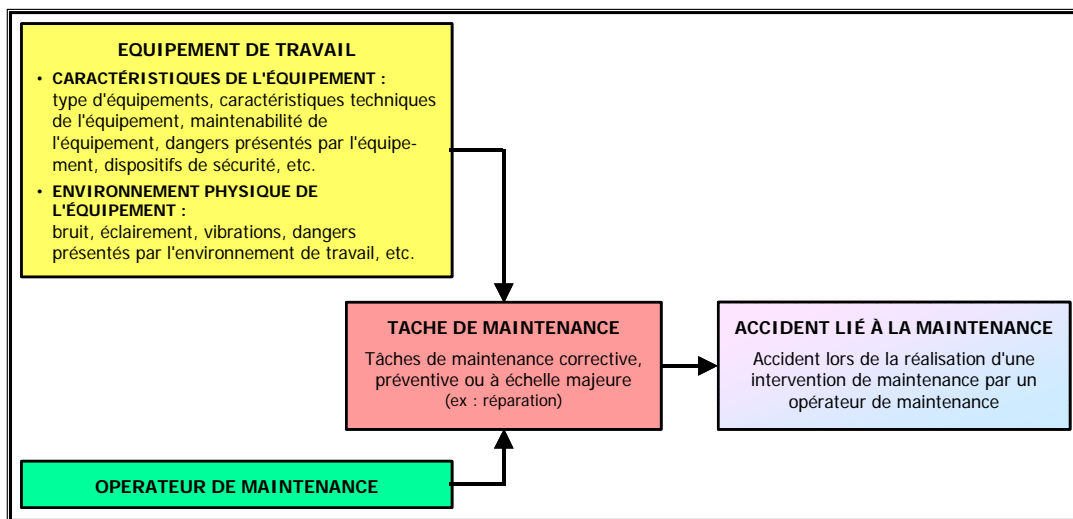


Figure 3. Une conception des accidents liés à la maintenance centrée sur l'interaction opérateur de maintenance-équipement de travail

2 La maintenance, à l'origine de risques pour d'autres opérateurs

Nous avons vu précédemment que de nombreux accidents du travail survenaient lors de la réalisation de tâches de maintenance, par les opérateurs de maintenance. Néanmoins, quelques travaux tendent également à mettre en évidence que, les accidents que l'on peut considérer comme liés à la maintenance, ne se limitent pas à ces situations, mais peuvent concerner d'autres opérateurs. Deux types de résultats allant dans ce sens peuvent être distingués : les premiers sont relatifs aux accidents lors de la réalisation, par d'autres opérateurs que ceux de maintenance, de tâches de maintenance ; les seconds concernent les accidents liés à un défaut de maintenance, une maintenance insuffisante ou inadaptée, dont les victimes ne constituent pas nécessairement des opérateurs de maintenance.

2.1 Accidents lors de la réalisation de tâches de maintenance par d'autres opérateurs

Plusieurs études tendent à montrer qu'il n'est pas rare que des accidents surviennent alors que d'autres opérateurs que les opérateurs de maintenance, et en particulier ceux d'exploitation, réalisent des tâches de maintenance.

Ainsi, quelques travaux, bien qu'ils ne distinguent pas strictement le type de tâche réalisé au moment de l'accident (tâche de maintenance ou d'exploitation) selon la victime, laissent penser que les opérateurs d'exploitation pourraient être fréquemment accidentés alors qu'ils effectuent des tâches de maintenance.

Par exemple, les résultats obtenus par Jarvinen et Karwowski (1993) montrent que les interventions mineures, dont une large part relève, semble-t-il, de la maintenance (nettoyages, inspections, dégagement d'obstructions du système, par exemple), représentaient 65% des 85 accidents survenus sur des installations automatisées ou robotisées, analysés par ces auteurs. Et parallèlement, la même étude souligne que les victimes de ces accidents constituaient les opérateurs de ces systèmes automatisés ou robotisés dans 65% des cas. Une étude de 883 accidents du travail, ayant eu lieu lors de la réalisation de tâches autres que celles d'exploitation (nettoyage, déblocage, débouillage etc.), menée par le Bureau of Labor Statistics (citée par Ray et al., 2000) met en évidence que les victimes de ces accidents constituent dans 45% des cas des opérateurs, dans 24% cas, des ouvriers qualifiés ou des travailleurs de qualification similaire, et dans 10% des cas des mécaniciens ou dépanneurs. De

la même façon, l'étude de 134 accidents (amputations d'un doigt) par Sorock et al. (1993) révèle d'une part, que dans 6,7% des cas (soit 9 des 134 accidents), les victimes étaient des opérateurs de maintenance, d'autre part, que dans 19,4% des cas (soit 26 des 134 accidents), les victimes intervenaient sur les équipements dans le but de les réparer ou les maintenir, alors que ces derniers étaient en fonctionnement (il s'agit là de la deuxième activité la plus fréquemment observée pour les accidents analysés) et enfin, que 33% (soit 25) des 76 amputations liées à une interaction avec un équipement ou une machine, sont survenus alors que la victime nettoyait, décoinçait ou réparait l'équipement en question. Les différents résultats obtenus par ces derniers auteurs laissent par conséquent penser que les opérateurs de maintenance ne sont pas les seuls accidentés lors de la réalisation d'interventions de maintenance, mais que les opérateurs d'exploitation seraient également assez fréquemment accidentés, alors qu'ils prennent en charge de telles interventions. En outre, le fait que les tâches de nettoyage, de débouillage, etc. soient, d'une manière générale, de plus en plus fréquemment réalisées par ces derniers opérateurs (cf. Grusenmeyer, 2000b) contribue à conforter cette interprétation.

Mais surtout, le fait que les opérateurs d'exploitation, en particulier, soient assez fréquemment accidentés, alors qu'ils réalisent des tâches de maintenance, est mis en évidence de façon plus prégnante par un certain nombre d'études. Une analyse de 32 accidents survenus en Suède, en Allemagne, au Japon et aux Etats Unis, sur des systèmes robotisés (cf. Jiang & Gainer, 1987), met en évidence que plusieurs des accidents des opérateurs du robot ont eu lieu lors de la réalisation de tâches de maintenance par ces derniers (récupération, maintenance de premier niveau). Une exploitation de la base de données EPICEA de l'INRS par Bourges (1995) révèle que 19% de l'ensemble des accidents répertoriés dans la banque de données sont survenus lors de tâches de maintenance, et que ces dernières ne constituaient pas la tâche principale de la victime dans 86% des cas. L'analyse par la CRAM de Normandie (2002) de 93 accidents de dépannage, répertoriés dans cette même base de données, tend à montrer que, dans 25% des cas, le dépannage ayant occasionné l'accident était réalisé par le personnel de production. Enfin, les études des accidents mortels liés à la maintenance menées par le HSE (1985a, 1985b) soulignent que, si les opérateurs de maintenance constituent les victimes les plus fréquentes de ces accidents (ils sont victimes de 20% des 326 accidents mortels liés à la maintenance tous équipements confondus, et de 37% des 106 accidents mortels liés à la maintenance d'équipements ou d'installations), une forte proportion d'entre eux concernent les opérateurs de production : ces derniers constituent en effet les victimes **d'au moins 10% de**

l'ensemble des accidents mortels liés à la maintenance (tous secteurs confondus) et de **33% des 106 accidents mortels liés à la maintenance d'installations et d'équipements de travail**. La répartition de ces accidents mortels, selon la victime, est présentée dans le tableau 2 (seules les fonctions les plus représentées ont été indiquées dans le tableau, les autres ont été regroupées dans une catégorie "*autres victimes*" ; pour plus de précisions, cf. HSE, 1985a, 1985b).

VICTIMES DES ACCIDENTS LIES A LA MAINTENANCE	POURCENTAGES D'ACCIDENTS CONCERNES	
	Sur 326 accidents mortels liés à la maintenance (tous types d'équipements/secteurs confondus)	Sur 106 accidents mortels liés à la maintenance d'installations et d'équipements de travail
Opérateurs de maintenance	20%	37%
Opérateurs de production/des processus	10%	33%
Dirigeants et responsables	4%	13%
Ouvriers agricoles	5,2%	7%
Ingénieurs de maintenance	–	6%
Opérateurs effectuant des travaux de toitures	10,5%	–
Peintres	9,2%	–
Ouvriers	7,4%	–
Agents d'entretien (vitres - nettoyage industriel)	5,6%	–
Autres victimes	28,1%	–
Non précisé	–	4%
TOTAL	100%	100%

Tableau 2. Répartition des accidents mortels liés à la maintenance selon la victime (d'après le HSE, 1985a, 1985b)

Concernant ces derniers travaux, il est à noter que :

- d'une part, les catégorisations des victimes dans les deux études du Health and Safety Executive ne sont pas identiques (comme le montre le tableau 2), ce qui est lié pour partie à la nature des accidents étudiés dans chaque cas, mais probablement aussi à la façon de considérer ce que sont des opérateurs de maintenance et d'exploitation ;
- d'autre part, les auteurs ne précisent pas leurs définitions de ces deux catégories ; dans l'une des études, il est fait référence aux "*opérateurs de production*" et dans l'autre, aux "*opérateurs des processus*", sans plus de précisions (ces dernières distinctions semblent tenir aux types des équipements concernés par les tâches des opérateurs en question) ; or, sur la base de cette catégorisation, on aurait pu s'attendre à un regroupement des agents

d'entretien et des opérateurs de maintenance, ou encore des ouvriers et des opérateurs de production (cf. tableau 2) ;

- mais surtout, la catégorisation utilisée apparaît se baser, tantôt sur le métier et la catégorie socio-professionnelle (peintres, ouvriers, dirigeants et responsables), tantôt sur la fonction (opérateur de maintenance, de production) ; or, l'un n'est pas toujours indicatif de l'autre ;
- enfin, et étant donné que ces travaux portent sur les accidents liés à la maintenance, sans définition précise des accidents qui entrent effectivement dans cette catégorie, il est difficile de savoir si les accidents en question reflètent les conséquences du travail des opérateurs de maintenance sur les tâches des opérateurs de production, la prise en charge de tâches de maintenance par ces derniers opérateurs (cas de la réalisation, par ces opérateurs, d'activités de récupération ou de dépannage, par exemple) ou ces deux points ; néanmoins, et puisque les auteurs précisent que le nombre important d'accidents liés à la maintenance concernant les opérateurs de production, ne peut être entièrement expliqué par la prise en charge par ces derniers de tâches de nettoyage, il est fort probable que ces deux explications, soient à considérer.

2.2 Accidents liés à un défaut, une insuffisance ou une inadaptation de la maintenance

Un certain nombre d'accidents sont susceptibles de trouver leurs sources dans le fait que la maintenance des équipements fait défaut, est inadaptée ou tardive (Bourges, 1995 ; Hale et al., 1998). Néanmoins, si cet aspect est souligné dans plusieurs travaux, les données qui lui sont relatives sont très peu nombreuses (cf. Male, 1998), sans doute parce que l'identification de tels accidents est assez difficile. Comme le soulignent Hale et al. (1998), "*Accident data of sufficient detail and depth to make analyses in terms of the steps in the maintenance management process are hard to come by. The data collected (...) are (often) of insufficient quality to identify with accuracy even whether the accident happened during or as a result of maintenance*" (p. 27 ; c'est nous qui soulignons). En outre, même lorsqu'une telle identification est possible, les victimes de ces accidents ne sont pas toujours précisées, comme nous le verrons ci-après. On peut néanmoins faire l'hypothèse que les opérateurs d'exploitation, en tant qu'utilisateurs principaux des équipements (cf. Rabardel, 1995 ; Hagau, 1995 ; Grusenmeyer, 2000b), constituent les principales victimes de ces accidents.

Quelques études permettent, bien qu'il ne s'agisse pas de leur objet principal, d'apporter des éléments d'information sur les accidents liés à un défaut, une insuffisance ou une inadaptation

de la maintenance. Ainsi, à l'occasion d'une analyse d'événements critiques liés à la maintenance dans l'industrie chimique, le HSE (1987) identifie 31 événements résultant d'un état défectueux des équipements, du fait "*d'erreurs de maintenance*", de défauts dans l'installation de nouveaux équipements ou de la modification d'équipements existants¹⁶. L'analyse de 294 accidents graves, issus de la même base de données¹⁷, par Hale et al. (1998) montre que 8% d'entre eux, bien qu'ils n'aient pas eu lieu lors de la phase de maintenance, peuvent être associés à cette dernière, dans la mesure où ils résultent de défauts techniques du fait d'une maintenance inadaptée (corrosion ou usure non détectée par exemple). L'étude par le HSE (1996) des incidents survenus sur des installations de forage, de 1989 à 1991, souligne que 30,3% des 1971 incidents étudiés pouvaient être liés à une maintenance inadéquate/incorrecte. Enfin, Giraud et al. (2001) identifient également quelques accidents de ce type, sur la base des résumés d'enquêtes d'accidents mortels collectés au Québec.

Par ailleurs, l'étude de Male (1998) traite spécifiquement de cette problématique (il s'agit, à notre connaissance, du seul travail sur le sujet). Ce travail visait à identifier et analyser les accidents et incidents, survenus dans le transport d'une part, et sur machines d'autre part, et attribuables à ce que cet auteur appelle des "manquements" dans la maintenance.

Quatre types de manquements sont distingués par Male (1998) :

- le défaut de maintenance : cas où la maintenance fait défaut ou est réalisée avec une fréquence insuffisante ;
- l'inefficacité de la maintenance : situations dans lesquelles les défauts ou les pannes ne sont pas corrigés à l'issue des interventions, ou encore situations où la stratégie de maintenance adoptée est inappropriée (cas, par exemple, où seule une "maintenance d'urgence" est assurée dans l'entreprise) ;
- la non pertinence des modifications : modifications inappropriées de l'équipement ou utilisation de pièces de rechange de faible qualité, ayant pour conséquence de modifier les fonctions, l'intégrité ou la fiabilité de l'équipement par exemple ;
- l'absence d'information sur les modifications : cas où des modifications des équipements n'ont pas été mentionnées.

¹⁶ Ces situations sont définies de la façon suivante par le HSE (1987) : "*This ranged from new plant being incorrectly installed, to modifications to existing plant being poorly designed and mistakes being made during maintenance which reduced the integrity of plant. Where the plant had been safe initially it was not uncommon for it to be rendered hazardous by modifications not properly considered or the materials being used for maintenance not being up to specification*" (p. 21).

¹⁷ Il s'agit des données issues du rapport du HSE (1987) et relatives à 500 événements critiques liés à la maintenance dans l'industrie chimique.

A partir d'une base de données comprenant les accidents du travail survenus au Royaume Uni sur une période de 3 ans (d'avril 1993 à mars 1996), Male a donc cherché à identifier les accidents attribuables à des manquements dans la maintenance. Pour ce faire, il a effectué une recherche sur un des facteurs d'accidents de la base de données, correspondant à "*une norme de maintenance inadéquate*" selon les inspecteurs du travail ayant analysé ces accidents. **347 accidents de ce type ont pu être identifiés**, et 186 d'entre eux ont été jugés pertinents par Male (1998). Soulignons, à ce propos, que le nombre total d'accidents répertoriés dans la base n'est pas précisé, si bien qu'aucune indication sur l'importance relative de ces accidents liés à des manquements dans la maintenance n'est disponible. Par ailleurs, Male ne spécifie pas les critères à partir desquels les accidents ont été ou non identifiés comme pertinents pour l'étude. Sur les 186 accidents retenus, 145 (4 mortels, 55 graves et 86 ayant donné lieu à plus de 3 jours d'arrêt) constituaient des accidents sur machines et 41 des accidents survenus dans le transport. La catégorisation des accidents sur machines (cf. figure 4) permet à Male de mettre en évidence une prédominance des manquements correspondant à "*un défaut de maintenance*" (les mêmes tendances sont d'ailleurs observées pour les 41 accidents survenus dans le transport).

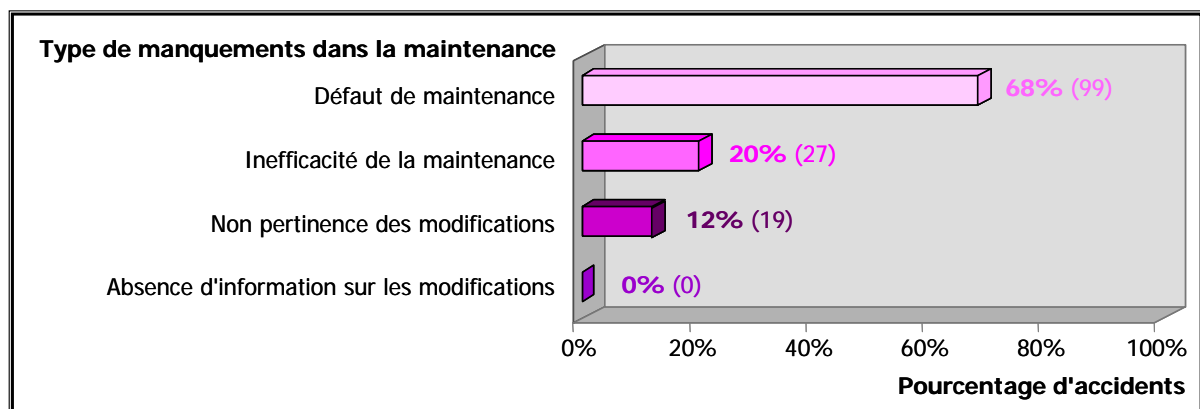


Figure 4. Répartition (en pourcentages et effectifs) des 145 accidents sur machines selon le type de "manquements" dans la maintenance (d'après Male, 1998)

Les accidents liés à un défaut, une insuffisance ou une inadaptation de la maintenance ne semblent donc pas rares, sur la base de cette dernière étude. Et bien qu'aucune donnée sur les victimes de ces accidents ne soit apportée (les analyses menées par Male (1998) ne portent que sur le type de manquements dans la maintenance, le type de "*raisons techniques*" et d'équipements de travail concernés), on peut penser que les opérateurs concernés ne

constituent pas seulement les opérateurs de maintenance, mais également d'autres opérateurs et en particulier ceux d'exploitation.

2.3 Synthèse et bilan de ces études

2.3.1 La maintenance à l'origine de risques pour autrui

Les travaux évoqués tendent à montrer que :

- d'autres opérateurs que ceux de maintenance, en particulier les opérateurs d'exploitation ou de production, sont également accidentés, alors qu'ils réalisent des tâches de maintenance, et ce dans une proportion relativement importante (rappelons que les victimes des 106 accidents mortels liés à la maintenance d'installations et d'équipements de travail, étudiés par le HSE (1985b), constituaient dans 33% des cas des opérateurs de production) ; néanmoins, ce chiffre n'est probablement pas seulement indicatif des accidents ayant eu lieu lors de la réalisation de tâches de maintenance par ces opérateurs ;
- les accidents résultant d'un défaut, d'une insuffisance ou d'une inadaptation de la maintenance ne sont pas rares ; et bien qu'aucune précision sur les victimes de ces accidents ne soit apportée, il est fort probable que ces dernières ne constituent pas seulement les opérateurs de maintenance.

Par conséquent, si la réalisation de tâches de maintenance est critique pour la sécurité des opérateurs de maintenance (cf. § 1), il apparaît également que cette dernière peut être à l'origine de risques pour d'autres opérateurs (en particulier ceux d'exploitation), et ce pour au moins deux raisons. La première tient aux formes de prise des tâches de maintenance dans les entreprises, la seconde aux objectifs mêmes de la fonction maintenance.

Formes de prise en charge de la maintenance dans les entreprises et risques pour autrui

Un premier élément expliquant que la maintenance représente des risques pour d'autres opérateurs que ceux de maintenance, constitue le fait que les tâches correspondantes peuvent être prises en charge par d'autres personnels (que cela soit prescrit ou non). C'est notamment le cas des opérateurs d'exploitation ou de production, si des politiques de maintenance de type

"*Total Productive Maintenance*" (TPM¹⁸) ou des prises en charge partagée ou intégrée¹⁹ de la maintenance, par exemple, ont été mises en place. Les opérateurs d'exploitation se trouvent alors confrontés aux risques associés à la réalisation de ces tâches (cf. § 1).

En outre, dans ces dernières situations, des **facteurs aggravants** peuvent être observés. La prise en charge de tâches de maintenance par les opérateurs d'exploitation soulève en effet des difficultés, dans un certain nombre de cas : modifications de la répartition des tâches entre opérateurs de maintenance et d'exploitation insuffisamment accompagnées, absence ou insuffisance de la formation à la maintenance pour les opérateurs d'exploitation, faible expérience de ces derniers relativement aux tâches de maintenance²⁰ etc. (cf. Lavina, 1994 ; Hagau, 1995 ; Foot & Petit, 1996 ; Fadier & Mazeau, 1996 ; Grusenmeyer, 2000a, 2000d).

De plus, cette prise en charge de tâches de maintenance par les opérateurs d'exploitation constitue sans aucun doute une forme de polyvalence ou, du moins, de polycompétence²¹.

Or, la polyvalence et la polycompétence ne présentent pas uniquement des aspects positifs (réduction de la parcellisation des tâches, des troubles musculo-squelettiques dans un certain nombre de cas, augmentation de la qualification ou de l'autonomie, par exemple) ; elles peuvent également comporter des aspects négatifs (Dadoy, 1991 ; Charriaux, Duc & Schwartz, 1991 ; Gorgeu et al., 2002), susceptibles d'avoir des conséquences en termes de sécurité : intensification du travail, accroissement de la charge mentale (et quelquefois des TMS), difficultés à acquérir les compétences et l'expérience requises, efforts de mémorisation, ajout de tâches subalternes contribuant à dévaloriser le travail (cas des nettoyages, par

¹⁸ La "*Total Productive Maintenance*" (TPM) est une philosophie japonaise de la maintenance industrielle, selon laquelle les opérateurs d'exploitation doivent entretenir et maintenir leurs machines (Lavina, 1994). Elle concerne, entre autres, la prise en charge de la maintenance de premier niveau par ces opérateurs (Grusenmeyer, 2000b).

¹⁹ La maintenance *partagée* correspond aux situations où les tâches de maintenance sont réalisées à la fois par les opérateurs de maintenance et d'exploitation. Ces derniers effectuent, par exemple, des tâches de maintenance lors d'arrêts prolongés des équipements ou prennent en charge l'essentiel des tâches de routine, ainsi que la maintenance de premier niveau.

La maintenance *intégrée* fait référence aux situations dans lesquelles les tâches de maintenance sont réalisées, sinon uniquement, du moins essentiellement, par les opérateurs d'exploitation, les opérateurs de maintenance n'intervenant, pour leur part, que dans des cas particuliers (travaux de grande ampleur par exemple ; sur ces formes de prise en charge de la maintenance, cf. Leplat & Savoyant, 1972 ; Pidol & Hadjidakis, 1991 ; Kandaroun & Huez, 1992 ; Grusenmeyer 2000b).

²⁰ Sur l'importance de l'expérience des tâches de maintenance pour la gestion des risques, voir Vidal-Gomel, Samurçay & Rabardel (1998).

²¹ La *polyvalence* peut être définie comme "*la capacité pour une personne de connaître et d'occuper plusieurs postes de travail, au moins deux*" (Gorgeu et al., 2002). Elle constitue un outil de gestion du personnel de production permettant de croiser les personnes et les opérations de production (ibid.).

La *polycompétence* consiste à "*assurer des activités dans des métiers périphériques à la production, comme la maintenance, la qualité, la logistique*" (Gorgeu et al., 2002 ; c'est nous qui soulignons). Par exemple, les emplois "d'exploitants" ou de "techniciens d'exploitation", associant maintenance et fabrication, se sont développés, le principe étant que chaque fabricant acquiert une maîtrise partielle de la maintenance (cf. Gorgeu et al., 2002).

exemple), tâches de fabrication privilégiées au détriment de celles de maintenance (sur ce point, voir De Terssac & Christol, 1991), etc.

Ainsi, selon Ray et al. (2000), la prise en charge de tâches de maintenance par l'exploitation (TPM, maintenance "*autonome*" ou "*de routine*") accroît les risques d'accidents pour ces opérateurs, dans la mesure où ils ne disposent pas d'une expérience importante de ces tâches. Hale et al. (1998) estiment que l'intégration de la maintenance dans la production, de même que la sous-traitance de la maintenance, conduisent souvent à des pertes de connaissances des équipements et à une dégradation de la qualité de la gestion de la maintenance : "*While this has undoubtedly had its value in developing ownership and empowerment of the workforce, it has often resulted in the degradation of the knowledge base and managerial quality of maintenance*" (ibid., p. 38). Enfin, Batson et al. (1999) considèrent que, du fait de l'automatisation et de la complexité croissante des équipements d'une part, et de l'évolution de la prise en charge de la maintenance dans les entreprises d'autre part (développement de la "*maintenance autonome*", en particulier), l'impact de la maintenance sur la sécurité n'a jamais été aussi important qu'aujourd'hui.

L'hypothèse selon laquelle les opérateurs d'exploitation seraient fréquemment victimes d'accidents, alors qu'ils prennent en charge des tâches de maintenance, peut être émise, même si l'on peut s'attendre à ce que les victimes des accidents soient constituées majoritairement d'opérateurs de maintenance.

Objectif de la maintenance et risques pour autrui

Un deuxième élément d'explication au fait que la maintenance présente des risques pour d'autres opérateurs, tient à l'objectif même de cette dernière. La maintenance vise en effet à garantir une aptitude optimale des équipements à remplir une fonction requise (fiabilité, disponibilité, etc.), à leur permettre de revenir à un état de plein fonctionnement après un dysfonctionnement ou une panne, ainsi qu'à prévenir et pallier les détériorations ou déviations significatives de leur fonctionnement, susceptibles de menacer non seulement la production, mais également la sécurité (cf. Hale et al., 1998 ; voir également Afnor, 1986 ; Batson et al., 1999 ; Grusenmeyer, 2000a). Par conséquent, et selon Male (1998), "*maintenance is required to ensure the ongoing integrity and safety of plant and machinery throughout it's service life*" (p. 1). Et comme le soulignent Hale et al. (1998 ; voir également Batson et al., 1999), si la maintenance fait défaut, si elle n'est pas réalisée assez tôt ou de façon inadaptée, ou encore si les communications maintenance-exploitation ne sont pas effectives, l'état des équipements

peut se révéler dangereux, non seulement pour les opérateurs qui réalisent ces activités et pendant les phases de maintenance, mais également **pendant les phases de redémarrage ou d'exploitation normale et pour toute personne en interaction avec ces équipements**.

C'est en particulier le cas des opérateurs d'exploitation, du fait des relations d'interdépendance fonctionnelle que cette dernière fonction entretient avec la maintenance (cf. figure 5), et dans la mesure où l'équipement est à la fois l'objet de l'activité de ces opérateurs et de ceux de maintenance²² (les opérateurs d'exploitation sont généralement les principaux utilisateurs des équipements ; cf. Grusenmeyer, 2000b). Les activités de maintenance peuvent alors, selon Hale et al. (1998), être à l'origine de déviations pendant l'exploitation normale des équipements²³ et constituent des facteurs majeurs de changement sur les installations qui nécessitent des analyses de sécurité. Et cela est d'autant plus vrai que les interventions de maintenance sont soumises à des pressions économiques (réduction de la consommation des pièces de rechange ou du volume des travaux, par exemple ; cf. Celier, 1995).

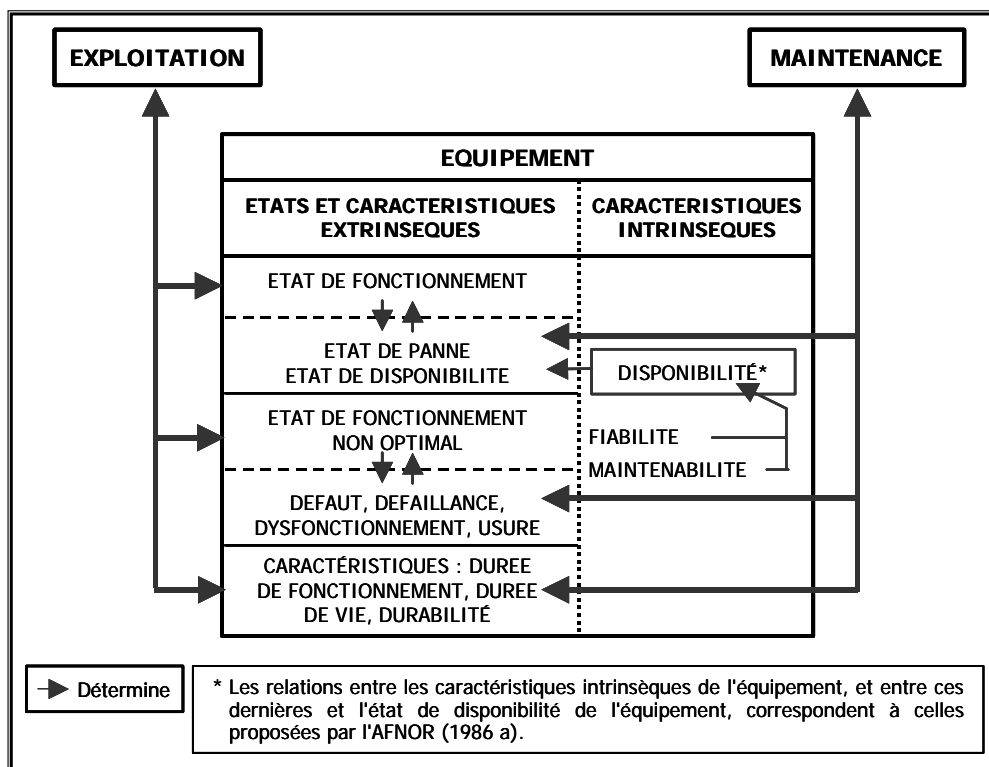


Figure 5. Relations d'interdépendance fonctionnelle de la maintenance et de l'exploitation

Ainsi, et pour le HSE (1987), une installation initialement sûre peut présenter des dangers, si des modifications inadaptées ont été menées (défaut de conception ou défaut de considération

²² Pour une analyse sociologique des rapports aux équipements de la maintenance et l'exploitation, voir Moricot (2001).

²³ Sur ce point, voir également Didelot, 2002.

d'un certain nombre de spécifications, par exemple). Male (1998) estime que des accidents peuvent résulter d'une maintenance inadéquate ou incomplète, ou encore d'une politique de maintenance inappropriée au type d'équipements de travail de l'entreprise. Batson et al. (1999) considèrent que, parce que la maintenance constitue une ressource majeure pour réduire les sources d'insécurité (risques liés à l'environnement ou aux équipements, par exemple), les opérateurs de maintenance (ou plus exactement, les interventions de maintenance, leur inadéquation ou leur insuffisance) peuvent être à l'origine de risques pour eux mêmes ou pour d'autres opérateurs, et en particulier les opérateurs d'exploitation. Selon ces derniers auteurs, les opérateurs de maintenance constituent ainsi des personnes-clé dans la prévention des conditions d'insécurité, dans lesquelles les opérateurs de production, mais également eux-mêmes, peuvent se trouver. Les opérateurs de production peuvent, par exemple, être placés dans des situations potentiellement dangereuses, s'ils sont amenés à travailler avec des équipements, dont le fonctionnement n'est pas optimal ou dont les dispositifs de sécurité sont défectueux, parce qu'ils n'ont pas été maintenus correctement (Ray et al., 2000).

La maintenance constitue donc une ressource majeure pour diminuer les problèmes de sécurité, dans la mesure où elle peut contribuer à l'identification des risques ou à la résolution de problèmes potentiels de sécurité pour les autres opérateurs²⁴ (Levitt, 1997). Et l'interaction maintenance-sécurité va, comme le soulignent Hale et al. (1998) ou encore Celier (1995), au delà de la simple occurrence d'accidents lors de la réalisation de travaux de maintenance.

C'est en effet une **relation double et antinomique qu'entretient la maintenance avec la sécurité** (Parkes, 1983 ; Bourges, 1995 ; Hale et al., 1998 ; Batson et al., 1999). D'une part, elle contribue à la maîtrise des risques, en permettant la détection et la correction des défauts, pannes, dysfonctionnements des équipements, susceptibles d'être à l'origine d'accidents (rupture de pièces, maintenance des équipements de sécurité²⁵, fonctionnement non optimal des installations), en assurant la fiabilité, disponibilité, efficacité et sécurité de ces équipements, et en optimisant leur mode de fonctionnement. D'autre part, elle expose les opérateurs chargés de ces activités à un certain nombre de risques, et cela, d'autant plus que ces activités de maintenance seront soutenues (cf. Bourges, 1995).

²⁴ Ceci explique sans doute que l'état des équipements fasse partie des préoccupations majeures des salariés, si l'on s'en réfère aux études menées par Simard et ses collaborateurs (Gout, 2000), et que leurs attentes, du point de vue de la gestion de la santé et de la sécurité par les employeurs, concernent en premier lieu l'entretien préventif des équipements et, en seconde position, le suivi efficace des demandes de réparation, c'est-à-dire la maintenance corrective.

²⁵ Comme tout équipement, ceux-ci vieillissent aussi et nécessitent d'être maintenus (sur ce point, voir Parkes, 1983 ; Prunier, 1991 ; Clausener, 1995).

Sur ces bases, nous pouvons émettre l'hypothèse qu'une proportion non négligeable d'accidents résultent de "manquements" dans la maintenance (défaut, insuffisance ou inadaptation de la maintenance), et corollairement, que les opérateurs de maintenance, mais aussi d'exploitation, sont assez fréquemment victimes d'accidents résultant de tels "manquements".

2.3.2 Une conception des accidents liés à la maintenance prenant en compte les formes de prise en charge de la maintenance et la dualité de l'interaction maintenance-sécurité

A travers les études juste évoquées, c'est une conception plus systémique des accidents liés à la maintenance qui est proposée. Sur la base de ces travaux, ces accidents concernent non seulement les opérateurs de maintenance, lorsqu'ils réalisent une intervention sur un équipement de travail, mais aussi la prise en charge de tâches de maintenance par d'autres opérateurs, ainsi que toute personne interagissant avec des équipements de travail, dont la maintenance a fait l'objet de "manquements" (cf. figure 6). Le cadre envisagé ici dépasse ainsi le poste de travail : d'autres formes de prises en charge que la maintenance spécialisée sont considérées ; les difficultés liées à la polycompétence des opérateurs d'exploitation, induite par certaines prises en charge de la maintenance, sont soulignées, même si elles ne sont formulées en ces termes ; et les relations d'interdépendance fonctionnelle de la maintenance et de l'exploitation sont prises en compte.

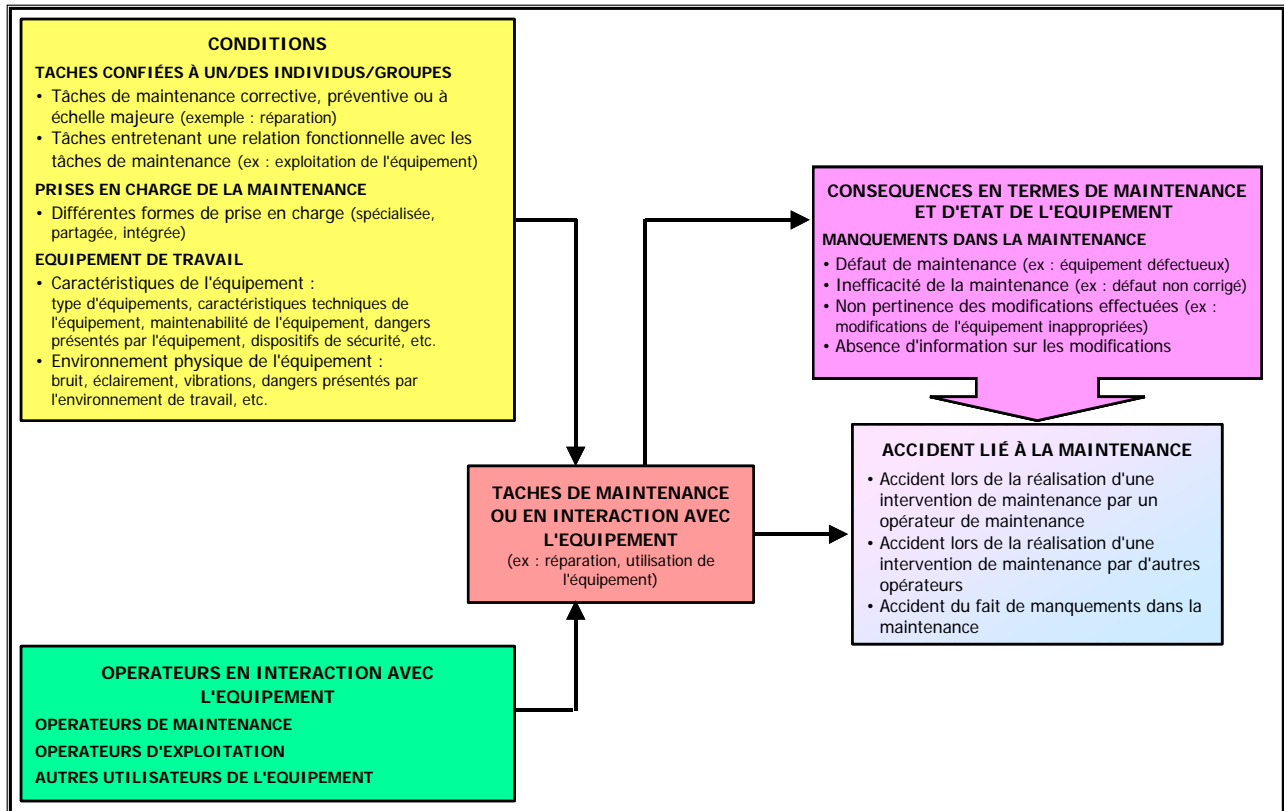


Figure 6. Une conception des accidents liés à la maintenance intégrant les formes de prises en charge de la maintenance et la dualité de la relation maintenance-sécurité

Ces accidents sont par conséquent conçus dans le cadre d'une **interaction maintenance-sécurité duale**, où la réalisation d'activités de maintenance met les opérateurs menant ces activités dans des situations potentiellement dangereuses, et où les opérateurs utilisant ces équipements (opérateurs d'exploitation, par exemple) sont susceptibles d'être accidentés, si les équipements ne sont pas suffisamment maintenus. Bourges (1995) considère ainsi la maintenance comme une "arme à double tranchant" vis à vis de la sécurité : *"Le maintien des équipements en état "normal" évite les dysfonctionnements qui sont une cause importante d'accidents du travail (...) mais [ces] effets bénéfiques portent sur le personnel d'exploitation. Le personnel de maintenance, quant à lui, est d'autant plus exposé que son activité est soutenue"* (p. 165). De même, comme le soulignent Hale et al. (1998), *"A balanced trade-off [has to be found] between the safety of plant, which may be improved by more maintenance, and the safety of maintenance personnel, which is improved by less"* (p. 38).

Ces études accordent davantage d'attention aux aspects organisationnels de la maintenance et soulèvent des questions relatives à l'interdépendance des fonctions maintenance et

exploitation, mais aussi à la répartition des tâches entre opérateurs de maintenance et d'exploitation et à leurs relations avec la sécurité. Toutefois, plusieurs limites doivent être soulignées.

Les travaux ne distinguent pas, dans les accidents dont les victimes constituent des opérateurs d'exploitation, ceux qui résultent de manquements dans la maintenance de ceux liés à la prise en charge d'activités de maintenance par ces opérateurs (voir § 2.1).

Aucune analyse stricte des accidents liés à la maintenance, tenant compte à la fois du type de victime (opérateurs de maintenance, d'exploitation, autres opérateurs) et de l'activité menée au moment de l'accident (activités de maintenance, utilisation de l'équipement, etc.), n'a été menée. Or, il est primordial de développer une meilleure compréhension de ces accidents pour mieux les prévenir.

Les relations fonctionnelles (interdépendance de l'exploitation et de la maintenance) et organisationnelles (répartition des tâches de maintenance), existant entre les tâches des différents opérateurs considérés, sont uniquement envisagées de manière **asynchrone**. Les facteurs d'accident relevant d'interférences synchrones entre tâches (coactivité des opérateurs, par exemple ; cf. Faverge, 1970) et les aspects collectifs du travail de maintenance (coordination des tâches des différents opérateurs, interactions directes entre opérateurs de maintenance et d'exploitation, etc.) ne sont pas traités dans ces études. Les opérateurs, qu'il s'agisse d'opérateurs de maintenance ou d'exploitation, apparaissent seuls au moment de l'accident.

Enfin, ce sont essentiellement les différentes formes de prise en charge de la maintenance, ou plus exactement certaines d'entre elles (maintenance partagée, réalisation de la maintenance de premier niveau par l'exploitation) qui sont considérées. Or, d'autres formes de prise en charge (maintenance intégrée, géographique, etc.) existent et d'autres variables organisationnelles (telles que les divers choix politiques effectués par les entreprises en termes de relations maintenance-exploitation ; cf. Grusenmeyer, 2000b) sont susceptibles d'être déterminantes dans l'enchaînement des événements qui conduisent aux accidents liés à la maintenance (cf. § 3).

Les accidents considérés ici sont donc les accidents, survenus lors de la réalisation d'interventions ou du fait de manquements dans la maintenance, à des opérateurs de maintenance ou d'exploitation se trouvant seuls. Or, les aspects organisationnels du travail de maintenance autres que la prise en charge de ces tâches, ainsi que les aspects collectifs de ce travail, peuvent être déterminants dans la survenue de ces accidents.

3 Vers une conception plus systémique des accidents liés à la maintenance

Plusieurs des études précédentes évoquaient, souvent succinctement, l'importance des aspects organisationnels et collectifs du travail de maintenance dans la survenue des accidents liés à la maintenance.

Par exemple, le travail de Male (1998) montrait que certains accidents liés à des manquements dans la maintenance pouvaient résulter d'une stratégie de maintenance inadaptée de l'entreprise²⁶, mais aussi des systèmes de signalement des pannes mis en place (cf. § 2.2). Les études menées par le HSE (1985a, 1985b, 1987) soulignaient l'importance, dans la chaîne des événements ayant conduit aux accidents liés à la maintenance, des "*défauts dans le système de travail*", qui relèvent, pour une grande part d'entre eux, de l'organisation de la maintenance (cf. § 1.2.1). Hale et al. (1998) mettaient en exergue l'importance des communications maintenance-exploitation dans la survenue des accidents des opérateurs d'exploitation liés à des manquements dans la maintenance (cf. § 2.3.1). Et nous avons vu que la polycompétence, induite par la prise en charge de tâches de maintenance par les opérateurs de production ou d'exploitation, était susceptible d'avoir des conséquences en termes de sécurité (cf. § 2.3.1). Par conséquent, un certain nombre d'accidents sont susceptibles de trouver leurs sources dans l'organisation ou dans les aspects collectifs du travail de maintenance.

Si l'importance des facteurs potentiels d'accident de ce type est évoquée dans la littérature, les données qui leur sont relatives sont toutefois peu nombreuses. A notre connaissance, très peu de résultats ont été obtenus à ce propos. Ceci est lié, selon nous, d'une part aux conceptions des accidents sous-jacentes aux études menées (cf. Monteau & Pham, 1987) et aux points de vue plutôt techniques ou "ingénieriques", avec lesquels ces accidents ont été abordés, d'autre part aux informations disponibles dans les bases de données relatives aux accidents du travail, qui ne permettent pas toujours d'identifier l'ensemble des circonstances de survenue des accidents (cf. Hale et al., 1998).

Des conceptions plus systémiques des accidents liés à la maintenance sont néanmoins proposées à travers quelques modèles ou travaux et quelques études tendent à montrer

²⁶ Cas, par exemple, d'une politique de maintenance centrée sur les pannes, ne favorisant par conséquent pas le signalement des défauts ou le respect de la périodicité de la maintenance préventive préconisée par les constructeurs.

l'importance de l'organisation et des aspects collectifs du travail de maintenance pour la sécurité. Nous examinerons ces différents travaux maintenant.

3.1 Des relations entre gestion de la maintenance et sécurité

Bien qu'à notre connaissance, il n'existe pas d'études ayant spécifiquement traité de l'importance des aspects organisationnels de la maintenance dans la chaîne des événements conduisant aux accidents, quelques travaux centrés sur l'impact de la gestion de la maintenance sur la sécurité de ces activités, tendent à montrer que ces aspects peuvent être déterminants. En effet, et comme nous le verrons maintenant avec les travaux de Hale et ses collaborateurs (1998) d'une part, et ceux menés à l'Université de l'Alabama par Ray et al. (2000 ; voir également Batson et al., 1999) d'autre part, certains des éléments constitutifs de la gestion de la maintenance et déterminants pour la sécurité des activités de maintenance selon les auteurs, relèvent selon nous des aspects organisationnels de cette dernière.

3.1.1 Le modèle de la gestion de la maintenance proposé par Hale et ses collaborateurs

A partir d'un modèle élaboré par Smit & Slaterus en 1992, Hale et ses collaborateurs (1998) proposent un modèle de la gestion de la maintenance dans lequel, selon nous, l'organisation de la maintenance tient une place importante. Dans ce modèle, trois niveaux sont en effet à prendre en compte pour appréhender et évaluer la sécurité des activités de maintenance (cf. figure 7) :

- le niveau de la gestion de la maintenance, où les objectifs, politiques et normes de maintenance sont déterminés et évalués,
- le niveau du contrôle de la maintenance (encore appelé niveau de la planification et des procédures), où sont définies d'une part, les procédures et ressources nécessaires (pièces de rechange, personnels, méthodes de travail, documentation, outils), et d'autre part, la planification du travail (adaptation de la charge de travail aux ressources) ;
- le niveau de l'exécution, où les activités de maintenance sont programmées, planifiées, puis menées.

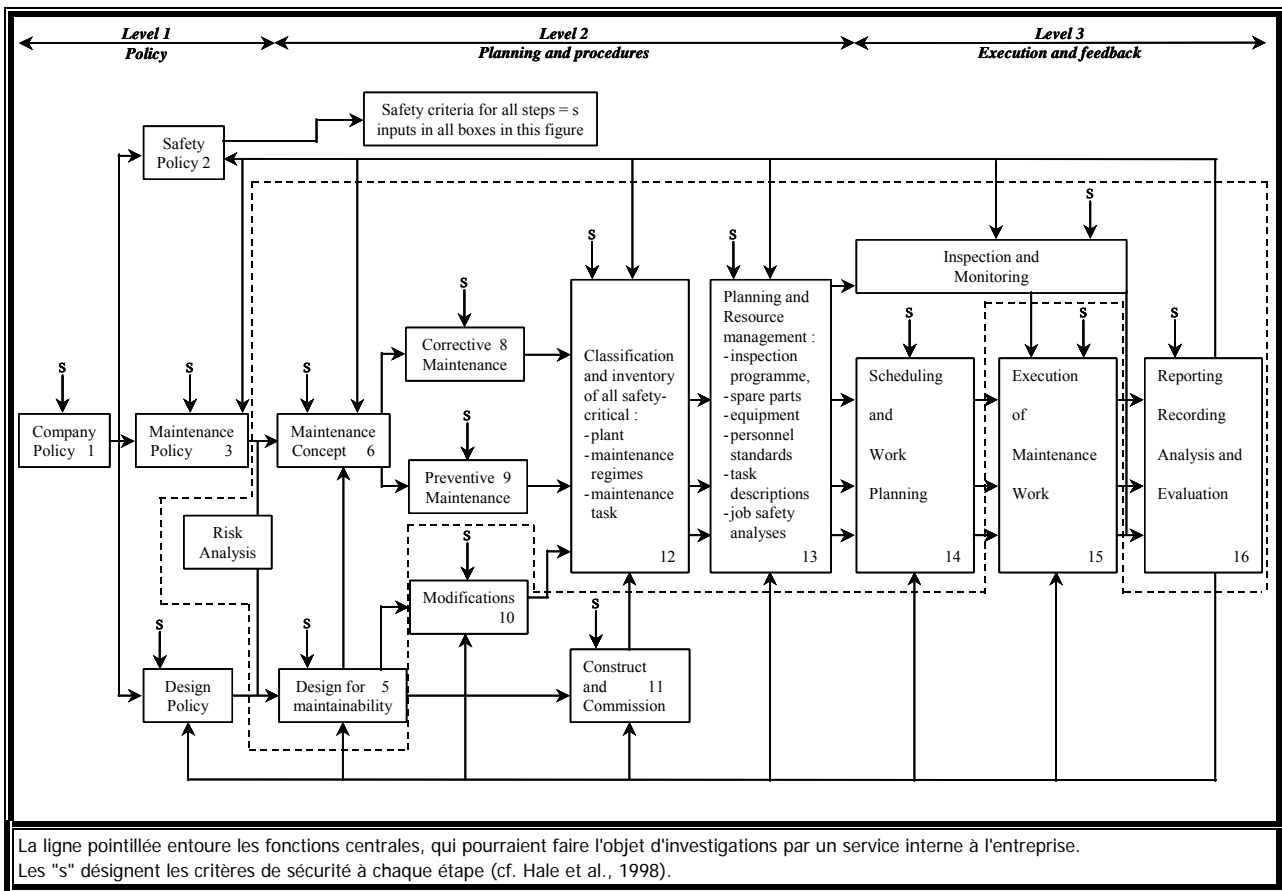


Figure 7. Modèle de la gestion de la maintenance (d'après Hale et al., 1998, p. 40)

De nombreuses interactions existent entre ces différents niveaux (cf. figure 7). Ainsi, la politique de maintenance de l'entreprise (1^{er} niveau – boîte 3) conditionne, par exemple, la fréquence avec laquelle les tâches de maintenance doivent être réalisées (i.e. choix du nombre et de la durée des arrêts des équipements ; 2^{ème} niveau - boîte 13) et toutes deux déterminent l'exécution des activités de maintenance (3^{ème} niveau - boîte 15). Les résultats de ces activités (en termes de qualité, de sécurité, etc.) pourront à leur tour (boucles de rétroaction ou de feedback) conduire à modifier ou adapter la politique de maintenance de l'entreprise ou la fréquence des tâches de maintenance.

De la même façon, les choix politiques effectués lors des phases de conception et de construction des équipements (choix et maintenabilité des équipements, par exemple ; cf. boîte 5, figure 7) conditionnent la fiabilité de ces derniers, la fréquence avec laquelle les tâches de maintenance doivent être réalisées (choix du nombre et de la durée des arrêts de l'équipement, boîtes 12 et 13), ainsi que la sécurité (conditions d'exécution des tâches de

maintenance, par exemple), et ce tout au long de la durée de vie de ces équipements (Hale et al., 1998).

Dans ce modèle (cf. figure 7), la sécurité est considérée comme la résultante d'une suite de cycles de résolutions de problèmes visant à prévenir et corriger les déviations du système à ces différents niveaux, déviations susceptibles de conduire à des dégâts matériels, des maladies professionnelles ou des accidents du travail (cf. Hale et al., 1998).

La perspective, dans laquelle est abordée la sécurité liée à la maintenance et, par conséquent, les accidents liés à la maintenance, ne se limite donc plus ici au poste de travail ou à certaines organisations de la maintenance. Elle est plus systémique et dépend à la fois de :

- la politique et du management de la maintenance par l'entreprise (1^{er} niveau),
- la planification de la maintenance et des procédures mises en place (2^{ème} niveau),
- et sa réalisation (3^{ème} niveau).

L'organisation de la maintenance fait alors, selon nous, partie intégrante de ce modèle, notamment à travers les boîtes 13 et 14, situées respectivement aux deuxième et troisième niveaux du modèle (cf. figure 7), et relatives à "*la planification et la gestion des ressources*" d'une part, et à "*la programmation et la planification du travail*" d'autre part.

La boîte 13 "*planification et gestion des ressources*" nous paraît en effet concerner l'organisation prescrite de la maintenance. C'est à ce niveau, selon les auteurs, que sont gérées par l'entreprise le programme des inspections, les ressources en termes de personnels, les matériels, outils et pièces de rechange, les équipements, la documentation permettant d'assurer la sécurité des biens et du personnel de maintenance, la description des tâches et les analyses de sécurité des travaux²⁷. Et, selon nous, c'est également à ce niveau que sont définis par l'entreprise la gestion prescrite du stock de pièces de rechange (procédures de commande et de réception des pièces), la prise en charge des tâches de maintenance par les différents opérateurs, la gestion des demandes d'intervention, les moyens formels d'interaction entre opérateurs de maintenance et d'exploitation, ou encore les autorisations ou habilitations nécessaires à la réalisation des interventions.

La boîte 14 "*programme et planification du travail*", située au troisième niveau du modèle, nous semble, pour sa part, concerner l'organisation réelle de la maintenance. Elle est en effet

²⁷ Formations périodiques à la sécurité du personnel de maintenance, procédures de maintenance des équipements intégrant les aspects sécuritaires des interventions, périodicité de la maintenance préventive des équipements, par exemple.

relative (cf. Hale et al., 1998) à la gestion en temps réel de la coordination temporelle et sécuritaire des différentes interventions entre elles et avec l'état des installations, à l'information du personnel de maintenance sur les risques liés aux interventions et à l'obtention des autorisations nécessaires avant la réalisation des interventions. Elle nous paraît pouvoir également concerner la gestion réelle des demandes d'intervention, les moyens effectifs d'interaction entre opérateurs de maintenance et d'exploitation ou encore la gestion effective des priorités accordées aux différentes interventions.

La boîte 15 "*exécution du travail de maintenance*" représenterait, pour sa part, et en référence aux travaux de De Terssac et Christol (1991), l'organisation de la maintenance telle qu'elle est redéfinie, renégociée ou réalisée par les différents opérateurs.

Ainsi, bien qu'ils ne soient pas explicitement formulés en ces termes, et que certains d'entre eux fassent l'objet d'une attention plus grande que d'autres (les différentes prises en charge de la maintenance, par exemple, ne sont pas évoquées par les auteurs), les aspects organisationnels de la maintenance font, selon nous, partie intégrante de ce modèle. A ce titre, ils constituent donc des éléments déterminants pour la sécurité et les conditions d'exécution des interventions de maintenance, de la même façon que la politique de maintenance de l'entreprise ou la conception des équipements le sont, à un autre niveau.

Ces aspects sont même particulièrement importants, si l'on s'en réfère à l'analyse que font Hale et al. (1998) des principaux facteurs ayant contribué aux accidents et incidents liés à la maintenance, à partir de trois sources de données. Les résultats issus de la catégorisation par ces auteurs, des facteurs ayant contribué à ces accidents en référence à leur modèle (cf. tableau 3), montrent en effet l'importance des facteurs "*gestion de la préparation des ressources*" et "*programmation et planification du travail de maintenance*" (correspondant respectivement aux boîtes 13 et 14 du modèle)²⁸.

Il faut néanmoins souligner que l'imprécision des données sur les accidents n'a permis qu'une utilisation des catégories situées aux niveaux 2 et 3 du modèle et que les facteurs d'accident relevant des différentes catégories peuvent être très variés.

²⁸ Les défauts dans la maintenabilité des équipements et installations apparaissent en revanche avoir un rôle plus mineur (cf. tableau 3).

CATEGORIES DE FACTEURS D'ACCIDENT	POURCENTAGES REPRESENTES PAR LES DIFFERENTS FACTEURS D'ACCIDENT POUR LES TROIS SOURCES ETUDIEES		
	SOURCE 1 502 événements critiques liés à la maintenance dans l'industrie chimique (HSE, 1987)	SOURCE 2 106 accidents mortels liés à la maintenance d'installations et de machines (HSE, 1985b)	SOURCE 3 59 incidents survenus dans une entreprise de matériels électriques du Royaume Uni
NIVEAU DE LA PLANIFICATION ET DES PROCEDURES (2 ^{ème} niveau du modèle) <ul style="list-style-type: none"> Défauts dans la gestion de la préparation des ressources : matériels, personnels, moyens, documentation et méthodes (boîte 13) Défauts dans la maintenabilité de l'installation et des équipements (boîte 5) 	28% 11%	27% 10%	26% 10%
NIVEAU DE L'EXECUTION DE LA MAINTENANCE (3 ^{ème} niveau du modèle) <ul style="list-style-type: none"> Défauts dans la programmation ou la planification du travail de la maintenance¹ (boîte 14) Défauts dans les activités réelles de travail² (boîte 15) 	18% 30%	35% 20%	24% 23%
AUTRES FACTEURS <ul style="list-style-type: none"> Facteurs externes, non contrôlés par l'entreprise (météo, terrain, tiers) Facteurs non catégorisables 	7% 6%	5% 3%	15% 2%
TOTAL	100%	100%	100%
NOMBRE DE FACTEURS CATEGORISES	294	236	203
NOMBRE D'ACCIDENTS ANALYSES	294	81	59

¹ Par exemple, défaut dans la coordination temporelle et sécuritaire des différentes interventions de maintenance.
² Par exemple, absence de vérification du fait que la sécurité est garantie, lors de la reprise en main de l'installation par l'exploitation, après intervention de maintenance.

Tableau 3. Pourcentages représentés par les principales catégories de facteurs ayant contribué aux accidents liés à la maintenance issus de trois sources (d'après Hale et al., 1998)

3.1.2 Les travaux de Ray et de ses collaborateurs

L'importance des aspects organisationnels de la maintenance pour la sécurité de ces activités tend également à être soulignée dans les travaux de Ray et collaborateurs (2000 ; voir également Batson et al., 1999).

Afin d'évaluer la qualité des pratiques de maintenance sur les installations, ces auteurs mettent en relation la gestion de la maintenance mise en place dans un certain nombre d'entreprises, d'une part, et les résultats de ces dernières en termes de sécurité, d'autre part. La gestion de la maintenance est évaluée grâce aux résultats obtenus à un audit de maintenance, adapté du questionnaire proposé par Levitt en 1996. Cet audit comprend 50 items, regroupés en 10

catégories : systèmes et procédures ; systèmes d'information de la maintenance ; initiation et autorisation de travail ; intervention de maintenance ; planification, programmation et suivi de la maintenance ; obtention et stockage des pièces de rechanges ; ratios et prévisions budgétaires de la maintenance ; maintenabilité des équipements ; formation et gestion du personnel ; sécurité. Quant aux résultats des entreprises en termes de sécurité, ils sont évalués grâce aux taux de fréquence des accidents des opérateurs de maintenance et d'exploitation d'une part, et au nombre de journées perdues d'autre part. Des corrélations entre les scores obtenus à l'audit de maintenance effectué en 1999 et le taux de fréquence moyen des accidents, d'une part, ainsi que le nombre moyen de journées perdues, d'autre part, pour les années 1997 et 1998, ont ainsi été calculées pour 25 entreprises manufacturières de l'Alabama, de petite et moyenne taille (10 à 390 salariés, $m = 100$), dont les activités étaient diverses (industrie, transport, caoutchouc et plastique, etc.).

Les résultats tendent à montrer qu'à une "bonne gestion de la maintenance" est généralement associé un faible taux de fréquence des accidents. Une corrélation négative modérée (coefficient de corrélation de Spearman : $\rho = -.34$, $p = .10$) est observée entre les scores obtenus à l'audit de maintenance (plus le score obtenu est élevé, meilleure est la gestion de la maintenance) et les taux de fréquence des accidents des entreprises concernées (le même type d'analyse pour le nombre de journées de travail perdues ne met pas en évidence de résultat significatif : $\rho = -.12$, $p > .50$; cf. tableau 4).

COMPOSANTES DE L'AUDIT DE MAINTENANCE	CORRELATIONS ¹ ENTRE LES SCORES A L'AUDIT ET LES RESULTATS EN TERMES DE SECURITE ²	
	TAUX DE FREQUENCE DES ACCIDENTS	NOMBRE DE JOURNEES PERDUES
• Systèmes et procédures	-.19	-.03
• Systèmes d'information de la maintenance	-.22	-.19
• Initiation et autorisation de travail	-.28	-.15
• Intervention de maintenance	-.12	-.09
• Planification, programmation et suivi de la maintenance	-.27	-.02
• Obtention et stockage des pièces de rechanges	-.21	-.06
• Ratios et prévisions budgétaires de la maintenance	-.13	-.02
• Maintenabilité des équipements	-.36	-.11
• Formation et gestion du personnel	-.54	-.27
• Sécurité	-.06	-.13
ENSEMBLE DES COMPOSANTES DE L'AUDIT	-.34 ($p = .10$)	-.12 ($p = .58$)

¹ Test non paramétrique de Spearman (analyse par rang).
² L'audit de maintenance a été effectué en 1999. Les résultats de sécurité sont relatifs aux années 1997 et 1998.

Tableau 4. Corrélations entre les scores à l'audit de maintenance et les résultats en termes de sécurité pour 25 entreprises de l'Alabama (d'après Ray et al., 2000, p. 48)

De plus, le taux de fréquence des accidents du travail est fortement corrélé négativement avec certains items de l'audit, comme la formation et la gestion du personnel ($\rho = -.54$), la maintenabilité des équipements ($\rho = -.36$), l'initiation et les autorisations de travail²⁹ ($\rho = -.28$) ou encore la planification, la programmation et le suivi de la maintenance ($\rho = -.27$; cf. tableau 4).

Les corrélations ne sont indicatives que de simples co-variations, susceptibles de résulter d'éventuelles relations avec d'autres variables³⁰. Pourtant, ces résultats laissent penser que certains aspects organisationnels de la maintenance peuvent être étroitement liés à la sécurité (formation et expérience des opérateurs, prise en charge de la maintenance, gestion des priorités accordées aux différentes interventions, de leur coordination entre elles et avec l'état des installations, en particulier). Les deux composantes "*formation et gestion du personnel*" d'une part et "*programmation et suivi de la maintenance*" d'autre part, pour lesquelles des corrélations importantes sont observées, semblent d'ailleurs recouvrir des dimensions très proches des facteurs "*gestion de la préparation des ressources*" et "*programmation et planification du travail de maintenance*", identifiés comme contribuant fréquemment aux accidents analysés par Hale et ses collaborateurs (1998 ; cf. tableau 3, page 44).

De plus, de nombreuses composantes de l'audit de maintenance proposé par Ray et al. (2000) relèvent de l'organisation prescrite de la maintenance (boîte 13 du modèle de Hale et al., 1998)³¹, quelques-unes d'entre elles se situent en amont de cette dernière ("*maintenabilité des équipements*" ; "*ratios et prévisions budgétaires*", par exemple), tandis que très peu de composantes sont relatives à l'exécution du travail de maintenance ou aux activités des opérateurs ("*intervention de maintenance*").

²⁹ La préparation insuffisante du travail est identifiée, dans une étude de Celier (1995) comme une cause d'erreurs pour 58% des incidents survenus lors d'interventions d'électriciens sur l'infrastructure d'un système complexe de transport.

³⁰ Il est, en particulier, fort probable que des corrélations positives élevées auraient été observées, si l'on avait mis en relation les résultats des entreprises à un audit de maintenance avec ceux obtenus à un audit de sécurité.

En outre, cette étude comporte un certain nombre de limites, comme le soulignent les auteurs eux-mêmes (cf. Ray et al., 2000). En particulier, on aura noté que les indices de sécurité et l'audit de maintenance ne portent pas sur les mêmes années.

³¹ Cas des "*systèmes d'information de la maintenance*", "*initiation des autorisations de travail*", "*planification, programmation et suivi de la maintenance*", "*obtention et stockage des pièces de rechange*", ainsi que de la "*formation et gestion du personnel*", soit 5 des 10 composantes de l'audit.

3.2 Des risques liés aux aspects collectifs du travail de maintenance

Les études précédentes soulignent, outre l'importance des aspects organisationnels de la maintenance pour la sécurité, le poids de certains aspects collectifs du travail de maintenance. Par exemple, le "*niveau de l'exécution de la maintenance*" dans le modèle proposé par Hale et al. (1998) comprend des items, tels que la vérification de la sécurité de l'installation lors du retour de cette dernière à l'exploitation après intervention. Selon ces derniers auteurs, en effet, "*maintenance work is also frequently associated with minor, or even major, modifications to plant, which will alter the plant operations and, hence, its safety and require plant operators to learn some new operating routines*" (p. 23 ; c'est nous qui soulignons). De même, les travaux de Ray et al. (2000) mettent en évidence l'importance de certaines composantes de la gestion de la maintenance pour la sécurité des activités concernées, qui peuvent supposer (voire nécessiter) un travail collectif (cas des composantes "*initiation et autorisations de travail*" et "*planification, programmation et suivi de la maintenance*", par exemple). Néanmoins, ces aspects collectifs du travail de maintenance et leurs conséquences éventuelles en termes de sécurité ne sont évoqués que de façon très implicite ou très succincte dans ces travaux.

L'importance de ces aspects collectifs du travail de maintenance est, en revanche, plus largement mise en évidence dans d'autres études.

Plusieurs travaux (Faverge, 1970 ; Davies, 1982 ; Bosch, 1992 ; Toxler, 1992 ; Bourges, 1995 ; De La Garza, 1995, 2000 ; Abéla & Mazeau, 1996 ; Bourrier, 1996 ; Demor, 1997 ; Pereira et al., 1999 ; Grusenmeyer, 2000c) soulignent ainsi l'importance de facteurs de risques, tels que la coactivité des opérateurs de maintenance et d'exploitation, l'articulation et l'interdépendance de leurs tâches ou encore l'insuffisance des échanges verbaux entre ces opérateurs. Des accidents peuvent, par exemple, résulter de :

- la réalisation de réparations ou de dépannages par les opérateurs de maintenance, alors que l'équipement est exploité par la production ;
- la mise en marche d'une installation par l'exploitation, alors qu'une équipe de maintenance réalise une intervention sur ce même système ;
- l'utilisation d'un arrêt d'un équipement par la production pour mener de la maintenance de premier niveau, mais aussi et de façon concomitante, par la maintenance, afin effectuer un essai visant à diagnostiquer un dysfonctionnement ; et ce, sans coordination de ces activités ;

- la reprise en main de l'installation par l'exploitation, sans information sur les modifications effectuées sur cette dernière, lors de l'intervention menée par les opérateurs de maintenance (cf. Hale et al., 1998 ; HSE, 1987).

En outre, la multiplicité et la variabilité des intervenants de maintenance (ces derniers peuvent venir d'horizons très différents) peut contribuer aux difficultés rencontrées dans la maîtrise des risques liés à ces activités (Davies, 1982 ; Bourges, 1995 ; Richez, 2004).

La CRAM de Normandie (2002) estime ainsi, à partir d'une analyse des accidents de dépannage, issus de la base de données EPICEA de l'INRS, que la coactivité avec d'autres opérateurs est impliquée dans 31% des 93 accidents analysés.

De la même façon, De La Garza (2000) montre que de nombreux incidents, lors de dépannages d'installations ferroviaires, sont liés à des échecs dans la gestion conjointe par les techniciens de maintenance, de leurs propres ressources cognitives (stratégies de dépannage, raisonnements, recherches de pannes) et des circonstances organisationnelles et collectives externes (pression temporelle, documents de travail disponibles, difficultés de collaboration avec d'autres services, dispersion des sources d'informations, etc.). C'est le cas dans les situations suivantes, par exemple :

- recherches incomplètes de symptômes de dysfonctionnement par le technicien, du fait des contraintes temporelles liées à l'exploitation ;
- persévération dans un diagnostic erroné, lié au pré-diagnostic effectué par l'exploitation ;
- nécessité pour approfondir le diagnostic de pannes, d'obtenir des accords ou outils particuliers de l'encadrement ou d'autres services, etc.

Selon De La Garza (2000), les incidents observés sont liés à des erreurs de raisonnement, elles-mêmes "*liées à la disponibilité, à l'accessibilité et à la qualité des informations circulant et se transformant dans un double réseau vertical et horizontal*" (ibid., p. 46), c'est-à-dire aux différentes sources d'informations, aux temps de travail dont disposent les techniciens³², aux interactions collectives des techniciens et de ces derniers avec d'autres services. L'analyse par le même auteur, de scénarios d'accidents survenus à des opérateurs de maintenance d'infrastructures ferroviaires, à partir de 22 dossiers d'accidents mortels ou très graves, met d'ailleurs en évidence "*l'importance de la gestion collective horizontale à l'échelle des*

³² Le fait que les activités de maintenance soient le plus souvent soumises à d'importantes contraintes temporelles, en raison des relations avec l'exploitation, est également évoqué dans les travaux du Health and Safety Executive (1985). Les auteurs estiment en effet que le travail de maintenance a toutes les chances d'être effectué sous pression temporelle, de façon à rendre au plus vite l'installation à l'exploitation.

services : les coordinations Equipement-Transport sont souvent apparues comme un élément déterminant dans le processus accidentogène" (De La Garza, 1995, p. 169).

Les opérateurs de maintenance, qu'ils travaillent seuls ou non, sont ainsi considérés comme insérés dans un réseau, et leur gestion individuelle des situations (et des risques) comme intégrée dans une gestion collective du système (De La Garza, 1995).

Celier (1995) effectue le même type d'observations. Il indique que la consultation d'une base d'analyse d'incidents de maintenance montrait que presque 50% des causes de défaillances, dans des opérations de maintenance d'un système électrique de transport, relevaient d'erreurs de diagnostic. Ces erreurs n'étaient pas étrangères, au moins pour une part d'entre elles, à l'association production-maintenance et aux premières constatations et interprétations qui orientaient les recherches (biais de confirmation, sur-opérativisation, etc.). Selon Celier (1995) en effet, la réalisation d'une intervention de maintenance nécessite le passage d'une logique, où les équipements sont appréhendés par leurs produits (logique de production), à une logique où ils sont appréhendés par leur état propre et leur lien avec d'autres équipements (logique de "maintenance"). Les risques d'erreur lors de ce passage d'une logique à l'autre sont importants, selon l'auteur. Les échanges d'informations et la fourniture des premiers éléments de diagnostic, par exemple, déterminent la fiabilité des interventions de maintenance et, par conséquent, les dangers qui peuvent être présentés par l'état des équipements (sur l'importance de ces échanges d'informations dans la réalisation des interventions de maintenance, voir également Bounot et al., 1996). Ces risques d'erreur sont même d'autant plus importants que les équipes de maintenance sont spécialisées et éloignées des ateliers de production, dans la mesure où cela diminue les occasions pour les opérateurs de maintenance "d'être sur le terrain" et réduit leur connaissance de l'installation (sur ce point, voir aussi Grusenmeyer, 2000c). L'existence d'une interface claire entre production et maintenance constitue ainsi, pour cet auteur, un axe susceptible de produire des résultats en termes de fiabilité et de sécurité (retour d'expérience, formation en commun à la sécurité).

Sur la base de ces derniers travaux, les prises en charge de la maintenance mises en place (ici la maintenance spécialisée ou géographique), pourraient donc être déterminantes pour les aspects collectifs du travail de maintenance, les interactions entre opérateurs de maintenance et d'exploitation et, par conséquent, pour la sécurité des interventions de maintenance. C'est le point de vue que nous avons soutenu dans des travaux antérieurs (cf. Grusenmeyer 2000b, 2000c).

C'est également ce que laissent penser De Terssac et Christol (1991), pour la maintenance partagée, à l'occasion d'une étude dans l'industrie cimentière. Ces auteurs montrent que la polycompétence induite, d'une part, par la prise en charge de tâches de maintenance par les opérateurs de production et, d'autre part, par l'alternance de ces derniers au service entretien de l'entreprise, conduit finalement à des accords tacites où la fabrication est privilégiée au détriment de l'entretien. Selon De Terssac & Christol (1991), *"on tolère la variabilité de l'implication des ouvriers de fabrication lorsqu'ils sont en entretien, pourvu que cette fluctuation du degré de mobilisation puisse être échangée contre une disponibilité permanente pour la fabrication"* (p. 32). Or, si ce mode d'organisation redéfini, en accord avec l'encadrement de fabrication, par les opérateurs de production leur permet d'être plus autonomes, de prévenir les anomalies et de "se dépanner" (cf. De Terssac & Christol, 1991), on peut s'interroger sur les conséquences de ces accords tacites sur le travail collectif des opérateurs de fabrication avec le service entretien, sur le maintien des équipements dans un état de disponibilité et de fiabilité optimal, et par conséquent, sur la sécurité.

Comme le soulignent Gorgeu et al. (2002) à propos de la maintenance partagée instaurée dans une industrie automobile, le cumul des tâches (adjonction de tâches, comme la maintenance de premier niveau) peut entraîner *"une intensification du travail qui est particulièrement ressentie lorsque la reconnaissance semble dérisoire"* (ibid.). Et cette intensification du travail n'est sans doute pas neutre en termes de sécurité.

3.3 Synthèse et bilan critique de ces études

3.3.1 Les aspects organisationnels et collectifs du travail de maintenance, des éléments déterminants de sécurité

Ces études montrent que le contexte organisationnel et les aspects collectifs du travail de maintenance sont déterminants pour la sécurité liée à la maintenance.

Elles mettent notamment en évidence que la gestion de la maintenance dans les entreprises, c'est-à-dire les politiques de maintenance adoptées, en termes de choix des équipements, de type de maintenance privilégié (préventive ou corrective, par exemple), de fréquence des interventions etc., mais aussi les organisations de la maintenance mises en place (gestion des ressources humaines, prise en charge de la maintenance, gestion des pièces de rechange, moyens d'information et de communication sur les interventions, moyens dédiés à leur

préparation et planification, documentation disponible, modes de coordination de ces interventions, gestion des demandes d'intervention, etc.) ne sont pas neutres en termes de sécurité. Ces différents éléments peuvent, selon l'instanciation qu'ils prendront dans l'entreprise, constituer des facteurs d'accidents (cf. le modèle de Hale et al.) ou des indices d'une "*bonne ou mauvaise*" gestion de la maintenance, qui pèsera sur sa sécurité (en référence aux travaux de Ray et ses collaborateurs ; cf. § 3.1.2).

Les aspects collectifs du travail de maintenance pèsent également sur la sécurité de cette dernière, que l'intervention soit menée ou non par un opérateur seul, du fait notamment des relations fonctionnelles et organisationnelles d'interdépendance de cette fonction avec l'exploitation (cf. § 3.1.2 ; Grusenmeyer, 2000b, 2000c).

Par conséquent, c'est à tous les niveaux de l'entreprise que se joue la sécurité liée à la maintenance et chacun d'entre eux peut contribuer à la survenue d'un accident. Chaque niveau détermine en effet le suivant, jusqu'à la réalisation de l'intervention, son analyse et son évaluation. Et chacun de ces niveaux peut, à son tour, peser sur les choix politiques de l'entreprise en termes de maintenance et de sécurité (cf. le modèle proposé par Hale et al., 1998).

L'idée qui sous-tend également ces travaux, est que la maintenance ne peut être étudiée indépendamment, en soi. Son analyse et, par conséquent, celle des accidents qui lui sont liés, ne peuvent faire l'économie d'une prise en compte du "réseau" dans lequel ces activités s'insèrent (en référence aux travaux de De La Garza), ou des types de prises en charge de la maintenance. Ces éléments pèsent en effet sur la réalisation ou l'absence ("manquements") de réalisation des interventions de maintenance, sur leurs conditions de réalisation (pression temporelle, par exemple), et même sur les activités cognitives mises en œuvre par les opérateurs (cf. Celier, 1995 ; De La Garza, 2000).

C'est une vision plus systémique des accidents liés à la maintenance qui est à la base de ces travaux. En référence au modèle proposé par Hale et ses collaborateurs (1998), on ne considère plus seulement le niveau de l'exécution de la maintenance (niveau 3 du modèle), mais un système socio-technique ; c'est-à-dire un ensemble d'éléments interdépendants, liés par un réseau important de relations, dont le fonctionnement est régi par des règles et doit satisfaire certaines exigences, ces éléments étant organisés en vue d'atteindre un objectif déterminé (cf. Monteau & Pham, 1987). L'organisation de la maintenance, les prises en charge de cette dernière et les aspects collectifs du travail y ont une place importante. Et

comme le soulignent notamment les travaux de De Terssac & Christol (1991), ces différents éléments ne constituent pas seulement des déterminants de l'exécution du travail, ils peuvent également être redéfinis et renégociés par les opérateurs : *"L'organisation du travail n'est pas réductible à un système de règles formelles incontestées et qui s'imposeraient aux intéressés. Ce systèmes de règles officielles fait l'objet d'une double redéfinition de la part de l'encadrement et de la part des exécutants"* (ibid., p. 31).

Etant donnée la place que ces travaux accordent à l'organisation, aux prises en charge et aux aspects collectifs du travail de maintenance, leur intérêt réside également dans le fait qu'ils permettent, de prendre en compte les changements organisationnels dont la maintenance fait l'objet. En effet, *"ces changements (organisationnels) donnent lieu à des transformations de la répartition des tâches, du partage de l'information, des flux de communication, du fonctionnement des collectifs... Autant de dimensions des situations de travail qui déterminent le bon déroulement, ou inversement les risques pris"* (Cuny et Gaillard, 2003, p. 34).

Contrairement aux travaux examinés dans la première partie de ce document, pour l'essentiel descriptifs, leurs apports concernent davantage le domaine de la modélisation³³, de la compréhension ou de l'explication, que celui de la quantification ou de la description des accidents liés à la maintenance. Les données quantitatives relatives aux accidents liés à la maintenance, issues de ces études, sont peu nombreuses (beaucoup d'entre elles se sont d'ailleurs focalisées sur des incidents), et les travaux plus cliniques. Selon nous, ceci s'explique par différentes raisons :

- d'une part, par le fait que les informations disponibles dans les bases de données relatives aux accidents du travail ne permettent pas toujours d'identifier l'ensemble des circonstances de survenue des accidents (Hale et al., 1998) et, notamment celles relatives à l'organisation du travail ;
- d'autre part, par le fait que *"on ne sait pas véritablement comment les changements organisationnels jouent sur le niveau de sécurité"* (Cuny & Gaillard, 2003, p. 35) ; comme le soulignent ces auteurs, c'est le développement d'études sur ces changements organisationnels et sur l'organisation du travail qui permettra d'ouvrir des perspectives établissant le lien entre organisation et santé/sécurité.

³³ Précisons, à ce propos, que le modèle proposé par Hale et ses collaborateurs (1998) constitue à notre connaissance, le seul modèle relatif à la maintenance et à la sécurité.

3.3.2 Une conception élargie des accidents liés à la maintenance

A travers ces derniers travaux, c'est donc une conception élargie et systémique des accidents liés à la maintenance qui est proposée. Ceux-ci ne sont plus seulement les accidents des opérateurs de maintenance ou d'autres opérateurs lors de la réalisation d'une intervention de maintenance, ainsi que ceux qui surviennent à toute personne en interaction avec les équipements de travail, du fait de manquements dans la maintenance. Ils constituent aussi les accidents des opérateurs de maintenance et/ou d'exploitation du fait de :

- leur coactivité, l'insuffisance de leurs échanges verbaux, l'absence de coordination ou d'articulation de leurs activités, ou du fait de biais cognitifs collectifs (biais de confirmation lié au pré-diagnostic effectué par l'exploitation, par exemple) ;
- défauts dans la gestion de la maintenance (au niveau de la planification du travail, la préparation des interventions, la maintenabilité des équipements, la gestion des pièces de rechange et des demandes de travaux, la disponibilité des outils et documents, etc.) ;
- ou encore de choix organisationnels effectués par l'entreprise ou renégociés par les opérateurs (prise en charge de la maintenance, répartition des tâches et des activités de maintenance, pression temporelle pesant sur la maintenance du fait du primat accordé à la production, choix d'une stratégie de maintenance inadaptée, etc.).

La figure 8 tente d'illustrer cette conception élargie des accidents liés à la maintenance et le système socio-technique considéré.

Elle s'inspire du schéma général de l'activité collective proposé par Leplat (1993, 1994, 1997, 2000 ; cf. annexe 2, pour une présentation plus détaillée) qui, bien que non spécifique au domaine de la maintenance, nous paraît pouvoir constituer un cadre de référence pertinent pour "lire" les accidents liés à la maintenance³⁴.

L'accident lié à la maintenance est considéré ici comme un révélateur du mode de fonctionnement du système (cf. Monteau & Pham, 1987), au même titre que les incidents ou dysfonctionnements (cf. § 3.2). Il constitue à la fois une conséquence externe (pour l'entreprise) et une conséquence interne (pour les individus ou groupes de travail ; cf. figure 8). Il est une des résultantes des activités individuelles ou collectives mises en jeu par les opérateurs et peut, à ce titre, prendre des formes différentes.

Ces activités dépendent en effet à la fois (cf. figure 8) :

- des tâches ou buts confiés aux opérateurs (tâche de maintenance ou en relation avec cette dernière) et des conditions de réalisation techniques (équipement concerné, maintenabilité et dispositifs de sécurité de l'équipement, etc.), physiques (bruit, éclairage...), socio-économiques, sociales et organisationnelles de ces tâches (politique de maintenance, prise en charge de la maintenance, répartition prescrite des tâches, gestion des pièces de rechange, modes de coordination prescrits, documentation de maintenance... ; il s'agit ici de l'organisation prescrite) ;

³⁴ Plusieurs raisons motivent ce choix :

- le fait que l'activité, individuelle ou collective, se situe au cœur de ce modèle et constitue, en tant que telle, l'objet central de l'analyse ;
- l'importance donnée aux régulations de l'activité (évaluations interne et externe du modèle ; cf. annexe 2) ;
- les similarités de ce schéma avec celui de la gestion de la maintenance proposé par Hale et al. (1998) ;
- la prise en compte des aspects collectifs et organisationnels du travail (même si l'accent est davantage mis sur les premiers que sur les seconds) ; le modèle permet de considérer des ensembles humains plus ou moins étendus et ce, sous des angles divers, notamment sous l'angle organisationnel (Leplat, 1997) ; il permet de traiter le travail, non plus seulement au niveau du poste de travail considéré comme une entité isolée (cf. § 1), mais aussi "*comme résultant de l'interaction d'un ensemble d'individus et des instruments techniques avec lesquels ces individus réalisent leur mission*" (ibid., p. 185-186), c'est-à-dire au niveau du système socio-technique ; l'activité est située et doit être étudiée dans son contexte (notamment organisationnel), en relation avec un ensemble de conditions concrètes ;
- la place accordée à l'organisation telle qu'elle est prescrite, mais aussi telle qu'elle est réalisée et redéfinie par les opérateurs (cf. annexe 2) ;
- enfin, le fait que ce modèle puisse constituer une base pour évaluer la façon dont les tâches, telles qu'elles sont conçues par l'organisation, constitue un facteur important de fiabilité (cf. Leplat, 1997) et, par extension, de sécurité.

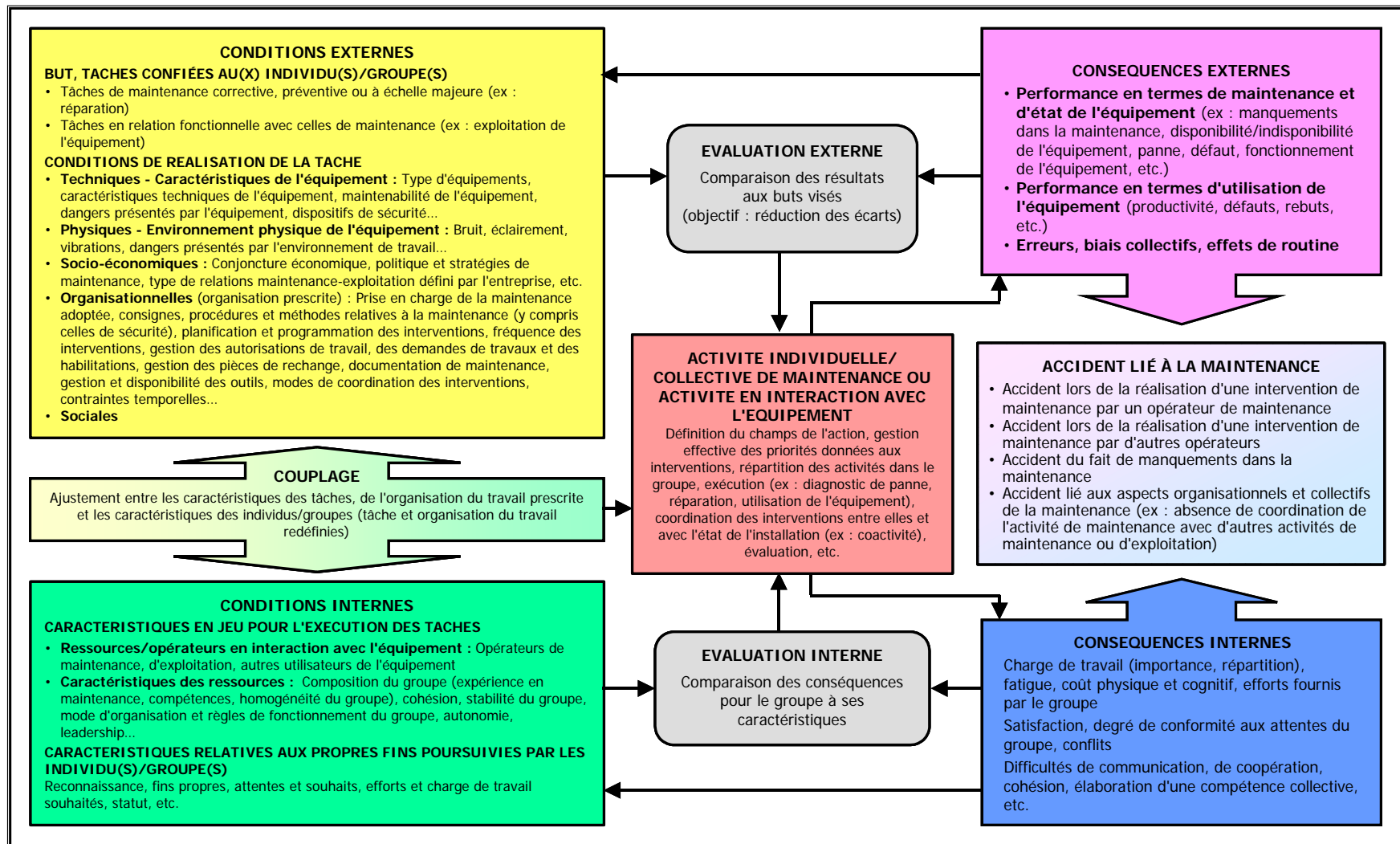


Figure 8. Une conception élargie des accidents liés à la maintenance

- des individus ou groupes de travail chargés de ces tâches et de leurs caractéristiques (opérateurs de maintenance, d'exploitation ; compétences, attentes, etc., de ces opérateurs) ;
- et du couplage de ces éléments (tâche et organisation du travail redéfinies ; cf. les travaux de De Terssac & Christol (1991) évoqués précédemment).

Les activités concernées peuvent ainsi être individuelles ou collectives³⁵ et constituer une activité de maintenance ou une activité en interaction avec l'équipement maintenu ou non. Elles peuvent constituer la réparation d'un équipement par un opérateur de maintenance, la coactivité d'opérateurs de maintenance et d'exploitation, ou encore, l'activité d'un opérateur d'exploitation après réalisation d'une intervention par un opérateur de maintenance.

Un accident lié à la maintenance peut par conséquent résulter :

- d'un manquement dans la maintenance, ce manquement dépendant lui-même de la stratégie de maintenance adoptée par l'entreprise (maintenance centrée sur les pannes et primat de l'activité de production, par exemple) ;
- d'un dépannage réalisé par un opérateur d'exploitation, faute d'effectifs suffisants des opérateurs de maintenance pour remédier à l'ensemble des dysfonctionnements, ce dépannage étant réalisé sous fortes contraintes temporelles (cas où cette tâche est considérée comme une tâche auxiliaire par l'opérateur ; cf. Faverge, 1967), et sans disposer des compétences, outils et pièces de rechange adaptés (ces opérateurs n'ayant, selon l'organisation prescrite, pas à prendre en charge ces tâches ; cf. Lippus, 1985) ;
- d'une coactivité des opérateurs de maintenance et d'exploitation, du fait des types de prises en charge de la maintenance adoptées (les premiers étant chargés des interventions majeures sur les équipements, et les seconds de la maintenance de premier niveau de ces mêmes équipements), cette coactivité n'ayant été ni gérée par les opérateurs, ni prévue par l'entreprise (aucun moyen de coordination n'est mis en place) ;
- ou encore, d'une absence d'information des opérateurs de production sur les modifications apportées à l'équipement suite à l'intervention des opérateurs de maintenance, aucun moyen d'information à l'issue des interventions n'étant prévu par l'entreprise, et la priorité étant de remettre les équipements en fonctionnement.

³⁵ A une tâche collective ne correspond pas nécessairement une activité collective (la tâche redéfinie par le groupe peut aboutir à des activités individuelles) et, inversement, à une activité collective ne correspond pas forcément une tâche collective.

Dans ce cadre (qui ne prétend évidemment pas à l'exhaustivité), un accident lié à la maintenance peut par conséquent prendre des formes très différentes, selon l'organisation de la maintenance et les aspects collectifs liés à cette activité. Et ces composantes organisationnelles et collectives de la situation semblent être, comme les composantes techniques ou les caractéristiques de l'équipement, déterminantes pour la sécurité liée à la maintenance.

Conclusion

Cette étude bibliographique visait à recenser les travaux menés sur les accidents liés à la maintenance et à réaliser une synthèse des principaux résultats de ces travaux. Elle montre d'abord que les études strictement consacrées à ces accidents sont peu nombreuses et ont été menées à l'étranger, pour la plupart d'entre elles.

Plusieurs apports de ces études sont soulignés. Elles montrent notamment que :

- ces accidents liés à la maintenance ne sont pas rares (ces derniers représentent, selon le HSE (1985a), 21% de l'ensemble des accidents mortels survenus au Royaume Uni, tous secteurs d'activités confondus, soit plus de 100 décès par an) ;
- la maintenance corrective apparaît la plus accidentogène ;
- les opérateurs de maintenance constituent une population fréquemment accidentée, et même quelquefois, sur-accidentée (cf. Batson et al., 1999) ;
- néanmoins, d'autres opérateurs, en particulier les opérateurs de production ou d'exploitation, peuvent être également victimes de ces accidents, soit parce qu'ils prennent eux-mêmes en charge des tâches de maintenance, soit parce qu'ils interagissent avec des équipements dont la maintenance n'est pas réalisée de façon adéquate (accidents liés à des manquements dans la maintenance ; cf. Male, 1998) ;
- enfin, la gestion de la maintenance dans les entreprises, le contexte organisationnel et les aspects collectifs du travail de maintenance sont déterminants pour la sécurité liée à ces activités.

L'examen de la littérature met également en évidence que les accidents liés à la maintenance ont été souvent caractérisés en fonction du type d'équipements impliqués ou du secteur d'activités concerné. Ces travaux apportent peu d'éléments d'informations sur la nature des activités de maintenance impliquées ou le contexte dans lequel ces accidents sont survenus.

Ainsi, peu de données relatives aux types de maintenance (maintenance corrective, préventive, à échelle majeure), aux activités de maintenance (diagnostic, consignation, dépose, réparation, dépannage, révision, inspection, contrôle, visite, modification, déconsignation, repose, essai, remise en marche, etc.), ou encore aux étapes de maintenance (préparation de l'intervention, réalisation de l'intervention, activités consécutives à sa réalisation) les plus accidentogènes sont disponibles, faute d'analyse systématique de ces variables. Ces analyses ne permettent pas de mettre en relation les accidents liés à la

maintenance avec les différentes formes de prises en charge de la maintenance mises en place (maintenance partagée, spécialisée, intégrée) ou les choix effectués par les entreprises en termes de ressources affectées à ces tâches (maintenance interne ou sous-traitée, centralisée ou géographique, etc.). Par ailleurs, si les opérateurs de production paraissent également fréquemment constituer des victimes de ces accidents, les travaux ne permettent pas de distinguer si ces accidents sont liés à la prise en charge d'activités de maintenance par ces opérateurs ou à des "manquements" dans la maintenance (cf. § 2.2). A notre connaissance, aucune analyse de ces accidents, tenant compte à la fois du type de victime et de l'activité menée au moment de l'accident, n'a été réalisée. De la même façon, l'implication de tiers dans la survenue de ces accidents (cas, par exemple, de la réalisation d'une action sur un équipement en cours de réparation) semble ne pas avoir fait l'objet d'investigations.

Le fait que peu de résultats portent sur le type d'activités concernées ou les circonstances de survenue des accidents liés à la maintenance, s'explique en partie, par la nature des informations disponibles dans les bases de données relatives aux accidents du travail, qui ne permettent pas toujours d'identifier le contexte dans lequel ces derniers se produisent. Cette difficulté évoquée par Hale et al. (1998), est également soulevée par le HSE (1996), à l'occasion de l'identification dans une base de données des incidents liés à des défauts de maintenance.

Mais les conceptions sous-jacentes aux études menées contribuent sans doute également à expliquer ces différents constats. C'est ce que nous avons tenté de montrer dans ce document et ce qui nous a conduit à proposer une conception élargie des accidents liés à la maintenance, centrée sur les activités des opérateurs, et prenant en compte, autant que faire se peut, les aspects collectifs et organisationnels du travail de maintenance. En référence aux travaux de Cuny & Gaillard (2003), nous n'avons pas tenté de développer une analyse des risques (ou des accidents), risque par risque, mais plutôt une analyse globale à partir d'une situation, qui se veut plus systémique. En effet, *"l'analyse des accidents souligne très souvent l'interdépendance des dimensions techniques, humaines, organisationnelles et économiques (...) ces éléments sont indissociables pour comprendre les risques auxquels sont soumis en course finale les opérateurs"* (ibid., p. 31). Le point de vue de socio-technique doit alors permettre de mieux appréhender la réalité complexe des systèmes ou situations, marqués par des caractéristiques spécifiques, notamment en termes d'organisation du travail, d'activités de travail réalisées, de transformations dans la répartition des tâches et de contraintes pesant sur

ces activités, autant d'éléments qui déterminent le bon déroulement ou inversement les risques présentés.

Les apports des différentes études examinées et les limites mentionnées conduisent par ailleurs à émettre un certain nombre d'hypothèses relatives, par exemple, au nombre important d'accidents liés à la maintenance, au type de maintenance et à la nature des activités les plus accidentogènes (maintenance corrective et activités de dépannage, en l'occurrence), aux victimes de ces accidents (opérateurs de maintenance sur-accidentés en termes de fréquence et de gravité, opérateurs de production également fréquemment victimes de ces accidents), ou encore au type de ces accidents ou à leurs circonstances de survenue. On s'attend en particulier à ce que :

- un nombre important des accidents liés à la maintenance soient liés à des manquements dans cette dernière ;
- une part non négligeable des accidents liés à la maintenance impliquent des tiers (coactivité des opérateurs, par exemple) et/ou trouvent leurs sources dans les interactions des opérateurs de maintenance et d'exploitation (du fait de l'articulation et l'interdépendance de leurs tâches, de manquements dans la maintenance, etc.) ;
- les opérateurs d'exploitation soient plutôt accidentés lors de la réalisation d'activités de maintenance de premier niveau (nettoyages, par exemple) ou de dépannages, tandis que les opérateurs de maintenance seraient davantage accidentés lors d'activités de réparation ou d'activités de maintenance de plus grande ampleur ;
- l'étape de maintenance la plus accidentogène concerne la réalisation de l'intervention elle-même, mais de nombreux accidents liés à la maintenance surviennent également lors des étapes préparatoires et postérieures à cette réalisation (diagnostic, remise en marche de l'équipement, par exemple) ;
- les prises en charge de la maintenance (maintenance spécialisée, partagée, intégrée) et plus généralement, les organisations de la maintenance mises en place, ne soient pas neutres en termes de sécurité.

Par conséquent, le développement de la connaissance des accidents liés à la maintenance sur ces différentes dimensions, à travers l'exploitation de bases de données d'accidents, mais également d'analyses en situation (analyses des pannes et des demandes d'interventions³⁶,

³⁶ Rappelons que, selon Leplat & Cuny (1977), les pannes constituent un "*révélateur privilégié des points critiques dans les études sur le fonctionnement du service entretien et sur les rapports entretien-production*"

observations des interventions de maintenance, par exemple), nous paraît essentielle pour la prévention dans ce domaine. En effet, alors que les organisations et prises en charge de la maintenance ont connu de fortes évolutions dans les entreprises ces dernières années, peu de connaissances sur les relations qu'elles entretiennent avec la sécurité des opérateurs concernés sont disponibles. Il est ainsi primordial de comprendre comment la maintenance (qu'elle soit ou non réalisée effectivement) peut occasionner des risques pour autrui (cf. Bourges, 1995), comment les types de prises en charge de la maintenance peuvent influencer sur la sécurité des opérateurs de maintenance, mais aussi sur celle des opérateurs d'exploitation, ou encore comment la sous-traitance est susceptible de constituer un facteur de risques, non seulement pour les intervenants extérieurs, mais aussi pour les services de maintenance interne (cf. Héry, 2002 ; Beuscart, 1997).

Précisons enfin que l'analyse de ces situations nécessitera une réflexion méthodologique importante. D'une part, parce que les études de psychologie du travail ou d'ergonomie qui ont été consacrées au travail de maintenance, se sont essentiellement focalisées sur les activités de diagnostic de pannes, et souvent de façon décontextualisée (expérimentale) et individuelle (voir par exemple, Cegarra & Hoc, 2003). D'autre part, parce que les activités de maintenance sont assez mal connues, dans la mesure où elles sont assez difficiles à observer. Comme le souligne De La Garza (2000) dans le cas du dépannage d'installations de signalisation ferroviaire, *"une analyse cognitive des activités de dépannage dans un tel système s'accompagne de difficultés méthodologiques, en relation notamment avec l'observation en temps réel. Par définition, il s'agit d'une situation inopinée ; il est donc impossible de définir les conditions d'observation exactes et difficile d'établir des choix et limites contextuels pour l'analyse du travail"* (p. 40).

(p. 131). En outre, une étude menée dans une tôlerie automobile par Demor (1997) montrait que les secteurs de la tôlerie, dans lesquels les bons de travaux étaient les plus nombreux, constituaient également les secteurs où les accidents du travail des personnels chargés des activités de maintenance étaient plus fréquents que ceux des personnels de fabrication.

Références bibliographiques

- 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 1996.
- Association Française des Ingénieurs et techniciens de maintenance (2004). *Guide national de la maintenance*, Paris, AFIM. (<http://www.afim.asso.fr>)
- Association Française de Normalisation (1982). *Guide pour la prise en compte des critères de maintenabilité des biens durables à usage industriel et professionnel. Norme X 60-301*, AFNOR, Paris La défense, Mai 1982, 15 p.
- Association Française de Normalisation (1986). *Comment réussir votre maintenance*. Paris, Association Française de Normalisation, Collection "Guides de l'utilisateur", 163 p.
- Association Française de Normalisation (2001). *Terminologie de la maintenance. Norme NF-EN 13306. X60-319*, AFNOR, Saint-Denis La Plaine, Juin 2001, 57 p.
- Association Française de Normalisation (2002). *Maintenance industrielle - Fonction maintenance. Norme FD X 60-000*, AFNOR, Saint-Denis La Plaine, Mai 2002, 29 p.
- Batson R.G., Ray P.S., Wan Q., Weems W.H. (1999). How preventive maintenance impacts plant safety. *Proceedings of the Annual Conference on Maintenance and Reliability*. Gatlinburg TN, Maintenance and Reliability Center, University of Tennessee.
- Bertrand L., Weill-Fassina A. (1993). Forme des représentations fonctionnelles et contrôle des actions dans le diagnostic de pannes. In A. Weill-Fassina, P. Rabardel, D. Dubois (eds.), *Représentations pour l'action*. Toulouse, Octarès, 247-269.
- Beuscart F. (1997). Maintenance : pour réduire les coûts, place aux contrats d'objectifs ! *L'usine Nouvelle*, n° 2578, 16 janvier 1997, 54-56.
- Bosch R., Schaffner H., Matt K. (1992). *Maintenance correcte : déclenchement = sécurité. Deux précautions valent mieux qu'une*. Caisse Nationale d'Assurance en cas d'Accidents, Lucerne (Suisse), Octobre 1992, 4 p.
- Bounot J., Mazeau M., Jules D. (1996). La maintenance des bus : Analyse des sources d'accidents. *Performances Humaines et Techniques*, 83, 20-30.
- Bourges P. (1995). Maintenance et maîtrise des risques. *Revue Annuelle de l'Union des Elèves ENSAM*, 164-167.
- Bourrier M. (1996). Organizing maintenance work at two american nuclear power plants. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 4, 2, 104-112.
- 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.
- Caisse Régionale d'Assurance Maladie de Normandie (2002). *Analyse de 93 fiches d'accidents de "dépannage" issues de la base de données EPICEA*. Document de Travail 01/02, CRAM de Normandie, Rouen, 30 p.
- Carballeda G., Daniellou F., Garrigou A. (1994). Les opérateurs acceptent le coût de la performance : Que fait l'ergonome ? *Actes du XXIX^e Congrès de la SELF "Ergonomie et Ingénierie"*, Tome 2, Paris, Eyrolles, 204-211.
- Cegarra J., Hoc J.M. (2003). Individual differences and distributed cognition : the case of troubleshooting diagnosis. In G.C. Van der Veer, J.F. Hoorn (eds.), *Proceedings of the 9th European Conference on Cognitive Science Approaches to Process Control*, Amsterdam, The Netherlands, 16-19 september 2003, 113-118.
- Celier J. (1995). Maintenance et facteurs humains : Risques et Prévention, *Revue Annuelle de l'Union des Elèves ENSAM*, 78-83.

- Chabaud C., Delvolvé N., Dorel M., Marquié J.C., Queinnec Y., De Terssac G. (1987). *Etude sur l'organisation des équipes de conduite dans les centrales nucléaires*. Rapport d'étude de l'Université de Toulouse le Mirail, Toulouse.
- Charriaux M.M., Duc M., Schwartz Y. (1991). Polyvalence et qualification, diversité, communauté, conflit de valence, *Performances Humaines et Techniques*, Numéro hors série de septembre 1991, 36-38.
- Clausener M. (1995). Quelle maintenance en sécurité ?, *Face au Risque*, 312, Avril 1995, 51-53.
- Cuny X., Gaillard I. (2003). Les risques professionnels aujourd'hui : problèmes actuels, perspectives et orientation méthodologiques. In D.R. Kouabenan, M. Dubois (eds.), *Les risques professionnels, évolution des approches, nouvelles perspectives*. Toulouse, Octarès Editions, 25-36.
- Dadoy M. (1991). Une ergonomie sociologique de la polyvalence, *Performances Humaines et Techniques*, Numéro hors série de septembre 1991, 71-74.
- Daniellou F., Carballeda G., Garrigou A. (1994). Travail de formalisation et travail de régulation : une double contrainte. Le cas de la maintenance d'une industrie à risques. *Actes du XXIX^e Congrès de la SELF "Ergonomie et Ingénierie"*, Tome 2, Paris, Eyrolles, 181-187.
- DARES (2004). Vingt ans de métiers : l'évolution des emplois de 1982 à 2002. *Premières informations et premières synthèses*, DARES, 43.2, 1-10.
- Davies J.W. (1982). Process plant maintenance. *Occupational Safety and Health (GB)*, March 1982, 33-36.
- De Groot M.P. (1993). Maintenance : au cœur de l'activité industrielle. Dossier Maintenance. *Industrial Systems*, 194, 92-107.
- De La Garza C. (1995) *Gestions individuelles et collectives du danger et du risque dans la maintenance d'infrastructures ferroviaires*. Thèse de Doctorat d'Ergonomie, Paris, Ecole Pratique des Hautes Etudes, 228 p.
- De La Garza C. (2000). L'activité de diagnostic dans un système dynamique : le cas du dépannage d'installations de signalisation ferroviaire. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 50, 1, 39-49.
- De La Garza C., Weill-Fassina A. (1995). Méthodes d'analyse des difficultés de gestion du risque dans une activité collective : L'entretien des voies ferrées. *Safety Science*, 18, 157-180.
- De Terssac G., Christol J. (1991). L'organisation effective : Une construction négociée, *Performances Humaines et Techniques*, Numéro hors série de septembre 1991, 29-35.
- Demor S. (1997). Prévention des risques d'accident liés aux activités de récupération dans un système automatisé de production séquentielle (SAPS). *Actes du XXXII^e Congrès de la SELF "Recherche, pratique, formation en ergonomie"*, Lyon, 17-19 septembre, 65-73.
- Didelot A. (2002). Contribution à l'identification et au contrôle des risques dans le processus de conception. *Les Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS*, 216, 251 p.
- Direction des Relations du Travail (1999). *Conditions de Travail. Bilan 1998*. Gap, Publication du Ministère de l'Emploi et de la Solidarité, 1999, 341 p.
- Dubois M. (2003). Introduction. In D.R. Kouabenan, M. Dubois (eds.), *Les risques professionnels, évolution des approches, nouvelles perspectives*. Toulouse, Octarès Editions, 13-19.
- Emond D. (2003). La maintenance, clé de la sûreté et enjeu de radioprotection : le point de vue de l'autorité de sûreté nucléaire. *Contrôle, Numéro spécial "Les enjeux de la maintenance"*, 154, septembre 2003, 43-47.

- 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.
- 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.
- Gillerot P. (1992). Maintenance : facteur de rentabilité. *Fabrimétal Magazine*, 6-7, Juillet 1992, 26-37.
- Giraud L., Ait-Kadi D. (2001). *La maintenance : état de la connaissance et étude exploratoire*. Devis d'activité de l'IRSST, Montréal (Québec), 27 p.
- Giraud L., Massé S., Dubé J., Schreiber L., Turcot A. (2003). *Sécurité des convoyeurs à courroie. Généralités, protection contre les phénomènes dangereux*. Guide de l'utilisateur, IRSST, Bibliothèque Nationale du Québec, 79 p.
- Gorgeu A., Mathieu R., Pialoux M. (2002). Polyvalence, polycompétence ouvrières et intensification du travail : l'exemple de l'industrie automobile. *Communication au Colloque "Organisation, intensité, qualité du travail"*, Paris, 21-22 novembre 2002.
- Gout D. (2000). Les études de Marcel Simard pour l'IRSST au Québec. Comprendre les facteurs qui influencent nos comportements. *Travail et Sécurité*, 595, 30-36.
- Grusenmeyer C. (1998). La gestion de l'information entre maintenance et exploitation en situation d'arrêt programmé sur une chaufferie nucléaire. *Les Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS*, 170, 73 p.
- Grusenmeyer C. (2000a). Interactions maintenance-exploitation et sécurité. Etude bibliographique. 1. Les tâches de maintenance : définitions et caractéristiques contribuant à leur criticité. *Les Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS*, 188, 46 p.
- Grusenmeyer C. (2000b). Interactions maintenance-exploitation et sécurité. Etude bibliographique. 2. Relations fonctionnelles et organisationnelles : caractérisation et conséquences pour la sécurité. *Les Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS*, 189, 37 p.
- Grusenmeyer C. (2000c). Interactions maintenance-exploitation et sécurité. Etude bibliographique. 3. Nature, modes et phases d'interaction des opérateurs. *Les Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS*, 190, 49 p.
- Grusenmeyer C. (2000d). Organisation de la maintenance et interactions maintenance-production dans une fonderie d'aluminium. *Les Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS*, 182, 96 p.
- Grusenmeyer C. (A paraître). Les activités collectives dans la sécurité/fiabilité des opérations de maintenance. Rôle des interactions maintenance-exploitation. In T.H. Benckroun, A. Weill-Fassina (eds.), *Activités collectives dans la maîtrise des risques et dans la fiabilité des systèmes socio-techniques*.
- Hagau S. (1995). *Maintenance et maintenabilité, facteurs indissociables en interaction pour la conception des machines-outils*. Mémoire de DEA, Paris, CNAM-EPHE, 47 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.
- Hancock B. (1992). Learning from accident experience. Are the old lessons really being applied ? *Loss Prevention Bulletin*, 105, 17-22.
- Health and Safety Executive (1985a). *Deadly maintenance. A study of fatal accidents at work*. Report of Her Majesty's Stationery Office (Health and Safety Executive), London (United Kingdom), 51 p.
- Health and Safety Executive (1985b). *Deadly maintenance. Plant and Machinery. A study of fatal accidents at work*. Report of Her Majesty's Stationery Office (Health and Safety Executive), London (United Kingdom), 27 p.
- Health and Safety Executive (1987). *Dangerous maintenance. A study of maintenance accidents in the chemical industry and how to prevent them*. Report of Her Majesty's Stationery Office (Health and Safety Executive), London (United Kingdom), 31 p.
- Health and Safety Executive (1992). *Dangerous maintenance. A study of maintenance accidents and how to prevent them*. London (United Kingdom), HMSO Publications, 32 p.
- Health and Safety Executive (1996). *Maintenance related incidents in topside systems*. Report of the Health and Safety Executive, Suffolk (United Kingdom), 63 p.
- Hery M. (2002). Besoins de recherche en santé au travail pour les salariés d'entreprises de sous-traitance interne. *Pistes*, 4, 1, mai 2002.
- Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (2002). *Tableaux de l'enquête emploi 2002*. Paris, INSEE, Mars 2002.
- Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (2002). *Enquête emploi 2002. Fichier détail*. Paris, INSEE, Mars 2002.
- Jarvinen J., Karwowski W. (1993). A questionnaire study of accidents in advanced manufacturing systems. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 37th Annual Meeting, vol. 2*, Santa Monica, California, October 11-15, 1993, 1004-1008.
- Jiang B.C., Gainer C.A. (1987). A cause-and-effect analysis of robot accidents. *Journal of Occupational accidents*, 9, 1, 27-45.
- Kandaroun R., Huez D. (1992). Le collectif dans les activités de maintenance en centrale nucléaire. *Actes du XXVII^e Congrès de la SELF*, Lille, 23-25 septembre, 107-109.
- Lacoste M. (1991). Les communications de travail comme interactions. In R. Amalberti, M. De Montmollin, J. Theureau (eds.), *Modèles en analyse du travail*. Liège, Mardaga, 191-227.
- Lasserre L., Chabaud C. (1996). Ergonomic analysis of communications : Complementary of lexical and structural approaches. Contribution to the *First International Conference on Applied Ergonomics*, Istanbul, May.
- Lavina Y. (1994). *Audit de la maintenance*. Paris, Les Editions d'Organisation, 254 p.
- Leplat J. (1993). Ergonomie et activités collectives. In F. Six, X. Vaxevanoglou (eds.), *Les aspects collectifs du travail*, Toulouse, Octarès, 7-27.
- Leplat J. (1994). Collective activity in work : Some lines of research. *Le Travail Humain*, 57, 3, 209-226.
- Leplat J. (1997). *Regards sur l'activité en situation de travail. Contribution à la psychologie ergonomique*. Paris, PUF, Collection "Le Travail Humain", 263 p.
- Leplat J. (2000). *L'analyse psychologique de l'activité en ergonomie. Aperçu sur son évolution, ses modèles et méthodes*. Toulouse, Octarès Editions, 164 p.
- Leplat J., Cuny X. (1977). *Introduction à la psychologie du travail*, Paris, PUF, 240 p.
- Leplat J., Savoyant A. (1972). Entretien et fiabilité. In *Fiabilité et Sécurité. Eléments pour une ergonomie des systèmes en milieu industriel*. Etudes de Physiologie et de

- Psychologie du Travail n° 7, Direction Générale "Diffusion des connaissances", CID, Commission des Communautés Européennes, Luxembourg, 139-194.
- Levitt J. (1997). *The handbook of maintenance management*. New York, Industrial Press, 477 p.
- Lippus A. (1985). Sécurité et fiabilité. Travaux de maintenance. *Revue Technique APAVE*, Janvier-Février-Mars 1985, 229, 55-58.
- Male G.E. (1998). *Safety of transport and machinery. A survey of maintenance accidents attributed to technological failings*. Health and Safety Executive Specialist Inspector Reports n° 52, Sheffield (United Kingdom), February 1998, 35 p.
- Mansot J. (1995). Travaux et opérations de maintenance, *Face au Risque*, 313, Mai 1995, 58-61.
- Mason S. (1990). Improving plant and machinery maintainability, *Applied Ergonomics*, 21, 1, 15-24.
- 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.
- Mhamdi A. (1996). L'analyse statistique de données accidentelles préalable à l'analyse ergonomique du travail. In R. Patesson (ed.), *Intervenir par l'ergonomie. Regards, diagnostics et actions de l'ergonomie contemporaine, Actes du XXXII^e Congrès de la SELF (vol. 2)*, Bruxelles (Belgique), 11-13 septembre, 246-253.
- Monteau M., Pham D. (1987). L'accident du travail : évolution des conceptions. In C. Lévy-Leboyer, J.C. Sperandio (eds.), *Traité de Psychologie du Travail*, Paris, PUF, 703-727.
- Moricot C. (2001). La maintenance des avions : une face cachée du macro-système aéronautique. In M. Bourrier (ed.), *Organiser la fiabilité*, Paris, L'Harmattan, 183-199.
- Mouss N., Mouss H., Smadi H. (2003). Maintenance et production : une approche d'intégration. *Phæbus*, 26, 3^{ème} trimestre 2003, 45-53.
- Parkes D. (1983). Maintenance of machinery and equipment. In L. Parmeggiani (ed.), *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*, Geneva, International Labour Office, vol. 2 (3^e édition), 1268-1271.
- Pereira V., Remoiville A., Trinquet P. (1999). *Sous-traitance sur sites industriels : Evaluation des risques professionnels*. Rapport APRIT ARESI-BTP, Marseille, Avril, 37 p.
- Pidol J., Hadjidakis G. (1991). La maintenance. Réflexion conduite par Aluminium Dunkerque. *Performances Humaines et Techniques*, 55, 6-8.
- Pintelon L., Van Puyvelde F. (2003). Facteurs déterminants de réussite pour la gestion actuelle de l'entretien. *Maintenance Magazine*, 63, 23-26.
- Prunier J. (1991). Maintenance : le vieillissement des systèmes. *Face au Risque*, 269, Janvier 1991, 80-81.
- Rabardel P. (1995). *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris, Armand Colin, 239 p.
- Ray P.S., Batson R.G., Weems W.H., Wan Q., Sorock G.S., Matz S., Cotnam J. (2000). Impact of maintenance function on plant safety. *Professional Safety*, August 2000, 45-48.
- Richez J.P. (2004). Maintenance des antennes-relais : rendre effective la protection collective. *Travail et Sécurité*, 638, Mars 2004, 29-30.
- 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.
- Sorock G.S., Smith E., Hall N. (1993). Hospitalized occupational finger amputations, New Jersey, 1985 and 1986, *American Journal of Industrial Medicine*, 23, 439-447.

- Thouy S., Leclercq S. (2002). *Les accidents de plain-pied. Comprendre pour prévenir*. Document de travail INRS, Vandoeuvre, 23 p.
- Tierney M.P. (1977). *Analysis of injuries associated with maintenance and repair in metal and non-metal Mines*, Mining Enforcement and Safety Administration Informational Report, n° 1058, Pittsburgh (USA), 34 p.
- Togny A. (2004). Prévenir les lombalgies dans un atelier de maintenance de véhicules. *Travail et Sécurité*, 640, mai 2004, 40-42.
- Toxler R. (1992). *Les cinq règles de base pour une maintenance correcte*. Caisse Nationale Suisse d'Assurance en cas d'Accident, Lucerne (Suisse), Août 1992, 4 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.
- Vidal-Gomel C., Samurçay R., Rabardel P. (1998). Compétences pour gérer les risques professionnels : le cas des activités de maintenance électrique. *Actes du XXXIII^e Congrès de la SELF*, Paris, 16-18 septembre, 653-663.
- Villemeur A. (1988). *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels. Fiabilité, facteurs humains, informatisation*. Paris, Eyrolles, 795 p.

Annexe 1 - Données issues de l'enquête emplois de l'INSEE réalisée en mars 2002

Afin d'évaluer l'importance de la population des opérateurs exerçant une profession, ou ayant une fonction ou des tâches de maintenance en France, une exploitation de l'Enquête Emplois réalisée par l'INSEE en mars 2002 a été menée.

Il faut préciser qu'une telle évaluation est assez difficile à réaliser, dans la mesure où les enquêtes n'ont généralement pas pour objectif une telle quantification, et où les domaines et métiers concernés sont très larges : de la maintenance des bâtiments à celle des logiciels, en passant par la maintenance des équipements de production.

Ainsi, seuls les opérateurs ayant une profession ou une fonction, dont l'intitulé fait explicitement référence à la maintenance peuvent être comptabilisés. L'intitulé de la profession ou de la fonction a, par conséquent, été considéré comme indicatif de la tâche principale des opérateurs, dans la mesure où il s'agissait de la seule information disponible.

Ces données d'enquête ne permettent donc pas d'évaluer le nombre d'opérateurs ayant des tâches de maintenance, comme tâches "auxiliaires" ou "secondaires" (cas de certains opérateurs de production), pour reprendre la distinction qu'effectuait Faverge (1967). D'ailleurs, et à notre connaissance, il n'existe pas d'enquête visant à évaluer le nombre d'opérateurs de production ou d'exploitation ayant des tâches de maintenance, ou encore, le nombre d'entreprises ayant mis en place une "*Total Productive Maintenance*".

En outre, un technicien de maintenance de logiciels peut être considéré comme ayant une fonction principale relevant de l'informatique et non de la maintenance (cf. infra question A6 de l'enquête emplois de l'INSEE).

Les résultats présentés ici ne sont, par conséquent, qu'indicatifs. Ils ne visent pas une évaluation précise du nombre des personnels de maintenance, mais une simple estimation de celui-ci.

L'évaluation de l'importance de la population des "opérateurs de maintenance" a été menée de deux façons :

- d'une part, sur la base de l'intitulé de la profession de la personne interrogée : réponses à la question A1 - a de l'Enquête Emplois de l'INSEE :

A1 a - Profession principale. Intitulé précis de profession
.....

l'estimation du nombre de ces personnels est présenté dans le tableau 5 (rappelons que seuls les intitulés de profession principale faisant explicitement référence à la maintenance ont été considérés) ;

- d'autre part, sur la base de la fonction principale de la personne interrogée : réponse à la question A6 de la même enquête, relative aux seuls salariés :

A6 - POUR LES SALARIES

Quelle est la fonction principale de M... ?

1. Production, fabrication, chantiers.....
2. Installation, entretien, réglage, réparation.....
3. Nettoyage, gardiennage, travail ménager.....
4. Manutention, magasinage, transports.....
5. Guichet, saisie, standard, secrétariat.....
6. Gestion, comptabilité, fonctions administratives.....
7. Commerce, vente, technico-commercial.....
8. Recherche, études, méthodes, informatique.....
9. Directeur général ou un de ses adjoints directs.....

10. Enseignement, santé, information, autre cas Préciser.....

c'est la modalité 2 (installation, entretien, réglage, réparation) qui a été considérée ici ; l'estimation du nombre de ces personnels est présenté dans le tableau 6.

INTITULES PRECIS DE PROFESSION PRINCIPALE FAISANT REFERENCE EXPLICITEMENT A LA MAINTENANCE ¹ (source : Insee 2002)		NOMBRE DES ACTIFS OCCUPES ²	
Artisans	Artisans cordonniers réparateurs divers	4 946	53 801
	Artisans réparateurs en électroménager	7 112	
	Artisans mécaniciens réparateurs d'automobiles	41 743	
Ouvriers	Ouvriers qualifiés d' entretien général des bâtiments	107 288	107 288
Techniciens	Techniciens de maintenance, dépannage , en électricité, électronique, automatisme	128 070	485 920
	Mécaniciens qualifiés d' entretien d'équipements industriels	90 175	
	Mécaniciens qualifiés d' entretien d'équipements non industriels	40 910	
	Electromécaniciens, électrotechniciens qualifiés d' entretien d'équipements industriels	78 817	
	Electromécaniciens qualifiés d' entretien d'équipements non industriels	15 312	
	Dépanneurs qualifiés en radio-télévision, électroménager	11 025	
	Mécaniciens qualifiés d'automobiles (entretien, réparation)	121 611	
Agents de maîtrise	Agents de maîtrise 2ème niveau en entretien, installation	19 228	100 905
	Agents de maîtrise 1er niveau en entretien, installation électromécanique ou électronique	22 101	
	Agents de maîtrise 1er niveau en entretien, installation mécanique	31 145	
	Agents de maîtrise d' entretien général	28 431	
Ingénieurs et cadres	Ingénieurs et cadres d' entretien, travaux neufs	17 835	17 835
NOMBRE TOTAL DES ACTIFS OCCUPES DONT L'INTITULE DE LA PROFESSION FAIT REFERENCE A LA MAINTENANCE		765 749	
NOMBRE TOTAL DES ACTIFS OCCUPES		23 928 924 (100%)	
PART DES ACTIFS OCCUPES DONT L'INTITULE DE LA PROFESSION FAIT REFERENCE A LA MAINTENANCE		3,2%	
¹ La référence explicite à la maintenance dans les intitulés est indiquée en caractères gras. ² Les actifs occupés constituent (en référence aux critères de classement du Bureau International du Travail ; cf. INSEE, 2002), les personnes ayant atteint ou dépassé 15 ans au cours de l'année d'enquête, qui travaillent (au moins une heure dans la semaine), les militaires du contingent, les chômeurs déclarés ayant travaillé la semaine précédant l'enquête et les personnes classées inactives, mais ayant travaillé la semaine précédant l'enquête.			

Tableau 5. Nombre des actifs occupés dont l'intitulé de la profession fait explicitement référence à la maintenance dans l'Enquête Emplois de l'INSEE (2002)

Sur la base de l'intitulé précis de la profession principale des personnes interrogées dans l'enquête emplois de l'INSEE (cf. tableau 5), on peut estimer que les personnels de maintenance représente au moins 3,2% des actifs occupés en France. L'examen du tableau révèle par ailleurs la diversité des professions concernées. En outre, nombre de professions n'apparaissent pas ici, la maintenance n'étant pas explicite dans l'intitulé utilisé (cas, par exemple, des "*monteurs qualifiés d'ensembles mécaniques*", des "*électriciens qualifiés du bâtiment*", ou encore des "*techniciens d'études, essais, contrôles en électricité, électronique*", dont la tâche principale peut néanmoins relever de la maintenance).

FONCTION PRINCIPALE DES PERSONNES INTERROGÉES (Réponse à la question A6 de l'Enquête Emplois de l'Insee 2002)	NOMBRE ET POURCENTAGE DES ACTIFS OCCUPÉS	
1. Production, fabrication, chantiers	3 949 915	16,5%
2. Installation, entretien, réglage, réparation	1 548 852	6,5%
3. Nettoyage, gardiennage, travail ménager	1 639 732	6,8%
4. Manutention, magasinage, transports	1 444 689	6%
5. Guichet, saisie, standard, secrétariat	1 182 841	4,9%
6. Gestion, comptabilité, fonctions administratives	2 671 337	11,2%
7. Commerce, vente, technico-commercial	2 565 896	10,7%
8. Recherche, études, méthodes, informatique	1 319 755	5,5%
9. Directeur général ou un de ses adjoints directs	278 347	1,2%
10. Enseignement, santé, information, autre cas	4 721 494	19,7%
11. Sans objet ou non renseigné	2 616 859	10,9%
NOMBRE TOTAL DES ACTIFS OCCUPÉS	23 939 717	100%

Tableau 6. Répartition des actifs occupés selon leur fonction principale dans l'Enquête Emplois de l'INSEE (2002)

Le personnel de maintenance peut être estimé représenter 6,5% de l'ensemble des actifs occupés, sur la base de la fonction principale des personnes interrogées dans l'enquête emplois de l'INSEE (cf. tableau 6). Ce chiffre constitue quasiment le double de celui observé, sur la base des intitulés des professions examinés précédemment. Les intitulés des professions ne font en effet pas toujours référence explicitement à la maintenance. En outre, les fonctions principales proposées dans l'Enquête Emplois de l'INSEE sont larges. Pour les tâches de maintenance, elles vont du simple réglage à la réparation.

Sur la base de ces données, et en référence aux travaux de Giraud et al. (2001), selon lesquels la population du personnel de maintenance représente de 4 à 8% de la main d'œuvre totale au Québec, on peut donc raisonnablement estimer que celle-ci représente de 3,5 à 6,5% de la population active française.

Annexe 2 - Schéma général de l'activité collective proposé par Leplat (1993, 1994, 1997, 2000)

Le schéma général de l'activité collective proposé par Leplat (1993, 1994, 1997, 2000) est présenté en figure 9.

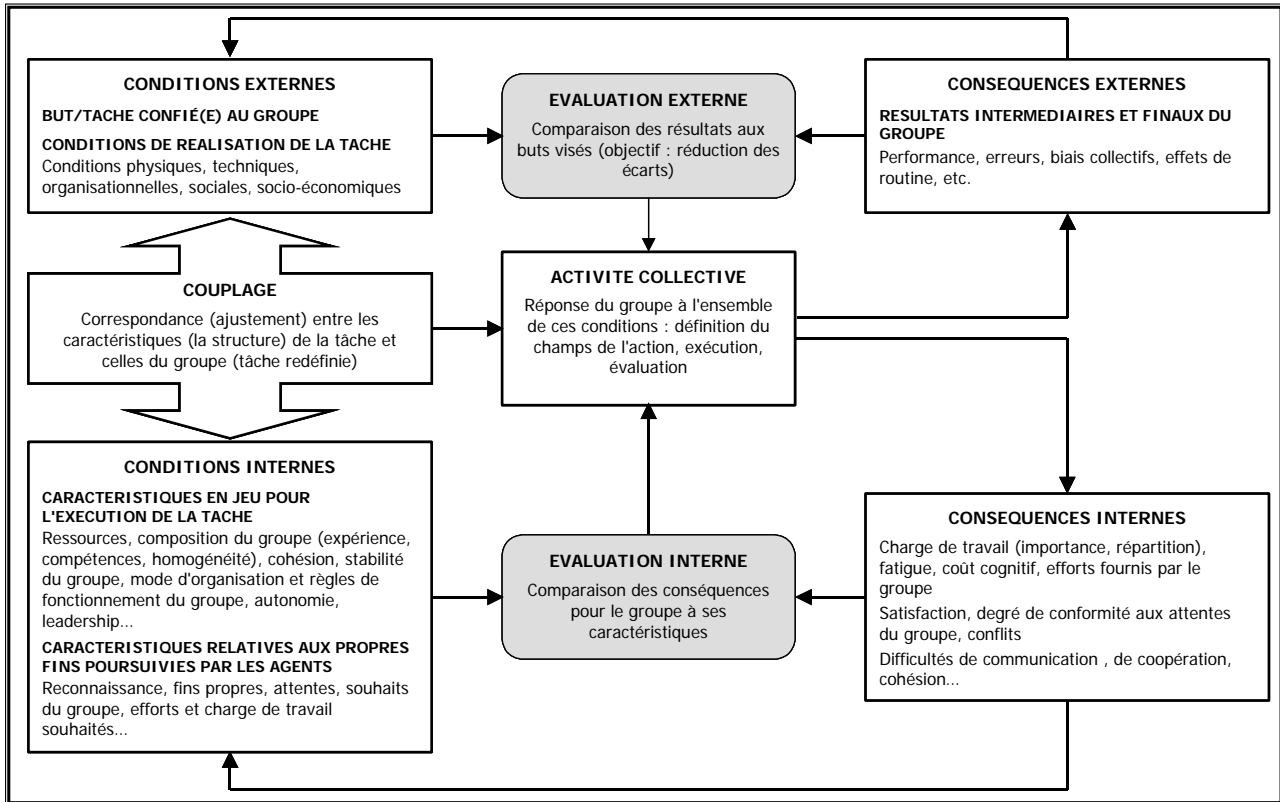


Figure 9. Schéma général de l'activité collective (d'après Leplat, 1993, 1994, 1997, 2000)

Ce schéma général de l'activité collective, inspiré par le modèle de l'activité individuelle proposé par le même auteur, repose sur la distinction entre tâche et activité.

L'activité collective est considérée comme la réponse conjointe des membres du groupe de travail aux exigences de la tâche confiée au groupe. Elle implique l'intervention coordonnée des individus qui y participent et est régie par un système complexe de régulations (cf. Leplat, 1993, 1997, 2000 ; figure 9).

Cette activité collective est relative aux prises de décision, actions ou interventions des membres du groupe, en réponse aux exigences de la tâche qui leur est confiée, mais également à la constitution d'une représentation commune de la tâche par ces derniers, à leurs communications, la coordination de leurs activités respectives, leurs routines, l'élaboration de règles informelles, etc. Elle constitue l'objet central de l'analyse.

L'activité collective dépend de deux grandes classes de conditions et de leur couplage (cf. figure 9) :

- les conditions externes, c'est-à-dire :
 - la tâche ou les buts à atteindre (qui peuvent être plus ou moins explicitement prescrits par l'entreprise) ; ils peuvent être décrits selon leur nature et caractéristiques ;
 - les conditions de réalisation de cette tâche ou des buts à atteindre : conditions techniques, sociales, organisationnelles (affectation des tâches, répartition des tâches, moyens de coordination des tâches, type de tâche (principale/auxiliaire), fréquence de ces tâches (tâches routinières ou occasionnelles), degré de discrétionnalité des tâches...), etc. ;
- les conditions internes, à savoir celles relatives au groupe de travail : composition du groupe de travail (expérience de la tâche, homogénéité des membres du groupe, compétences du groupe, etc.), stabilité du groupe, cohésion, leadership, autonomie du groupe ; précisons que le groupe de travail est défini comme l'ensemble des individus qui participent à l'exécution de la tâche de manière interdépendante ; il ne correspond donc pas nécessairement au groupe défini par l'organigramme de l'entreprise (équipe de travail, par exemple) ;
- le couplage des conditions externes et internes, c'est-à-dire la mise en correspondance (ou l'ajustement) entre les caractéristiques de la tâche et celles du groupe ; la tâche peut ainsi être redéfinie par le groupe de travail, dans le but de l'ajuster aux possibilités ou valeurs de ce dernier ; ce couplage explique qu'à une tâche collective ne correspondra pas nécessairement une activité collective (la tâche redéfinie par le groupe peut aboutir à des activités individuelles) et, qu'inversement, à une activité collective ne correspond pas forcément une tâche collective.

L'activité collective a, par ailleurs, deux types de conséquences (cf. figure 9) :

- des conséquences externes ; elles sont relatives à la tâche ou aux buts à atteindre : résultats intermédiaires et finaux de l'activité collective, biais collectifs (biais de conformité, biais de confirmation...), erreurs, etc. ;
- des conséquences internes, relatives au groupe de travail lui-même : charge de travail (importance, répartition de la charge sur les membres du groupe), conflits, difficultés de coordination, élaboration d'une compétence collective, effets de routine, satisfaction, etc.

Ces conséquences de l'activité collective sont intégrées dans des boucles de régulation (cf. figure 9) et font l'objet de :

- une évaluation externe : les résultats de l'activité collective sont comparés aux buts visés, l'objectif étant une réduction des écarts ; le résultat de cette comparaison peut donner lieu à des activités de correction ou de récupération ;
- une évaluation interne : les conséquences pour le groupe sont comparées aux caractéristiques du groupe (règles de fonctionnement, attentes, efforts et charge de travail souhaités).