

MAINTENANCE

Outils, méthodes et organisations efficaces

**Claude Kojchen
François Monchy**

MAINTENANCE

Outils, méthodes et organisations efficaces

5^e Édition

DUNOD

Photo de couverture : © yoh4nn - iStockphoto.com

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du

Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, 2000, 2003, 2010, 2015, 2019

11 rue Paul Bert 92240 Malakoff

www.dunod.com

ISBN 978-2-10-80048-3

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2^o et 3^o a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Avant-propos

« Je maintiendrai »
(devise des Pays-Bas)

De discipline peu lisible et souvent méconnue des décideurs qui sous-estiment son impact, la maintenance tend à devenir une composante de plus en plus sensible de la performance de l'entreprise. Il est important de la faire mieux connaître.

Le sens général de cet ouvrage est d'aider le lecteur à comprendre le rôle de la maintenance et sa place au sein de l'outil productif.

Son ambition est de donner au lecteur les connaissances de base de ce qu'est la maintenance, puis de lui permettre d'approfondir progressivement les aspects qu'il souhaite.

Il traite de la maintenance réalisée dans l'industrie, le terme *industrie* étant pris dans un sens très large, quels que soient la production ou le service proposés.

Les différents concepts, méthodes, ou explications développés sont complètement transposables dans toutes les applications de la maintenance, comme dans le secteur hospitalier, pour le tertiaire ou le transport.

Cet ouvrage est conçu comme une **boîte à outils** à destination des personnes concernées par la maintenance :

- ▶ en premier lieu les professionnels de maintenance : responsables et chefs de services, adjoints, cadres, agents de maîtrise ou techniciens ;
- ▶ les interlocuteurs principaux de la maintenance, à commencer par la direction d'un site, les directeurs industriels et les responsables production, qui ont aussi besoin d'en connaître les concepts de base. C'est pourquoi les premiers chapitres leur sont destinés ;
- ▶ les enseignants et les étudiants, qui y trouveront des outils moins théoriques que dans les éditions précédentes mais issus du terrain.

Cette édition est le reflet des nombreuses missions et formations menées auprès d'industries (au sens large), qui constituent mon expérience.

Un certain nombre de modifications importantes ont été apportées à la dernière édition. Les voici :

- ▶ Le plan de l'ouvrage a été profondément remanié pour tenir compte des différents publics auxquels il s'adresse, et surtout des attentes des lecteurs. Ainsi, un lecteur qui a besoin d'une vue synthétique et rapide de la maintenance peut se contenter de ne lire que la première partie, clairement destinée aux interlocuteurs de la maintenance.

Un professionnel de la maintenance, ou une personne qui souhaite le devenir, lira avec profit les parties qui traitent de la maintenance de façon globale mais approfondie.

Enfin un lecteur à la recherche de techniques spécifiques, de renseignements précis ou de détails, les trouvera dans la dernière partie.

- ▶ Les définitions prennent en compte la norme européenne NF EN 13306. Cela modifie et renouvelle un certain nombre de définitions et de terminologies, mais ne change pas l'esprit et les fondamentaux de la maintenance.
- ▶ Les modes de management ont évolué, et cette édition prend en compte ces changements.

La maintenance et son organisation sont de plus en plus souvent traitées sous forme de processus, intégré au processus global du site. La maintenance comme processus est donc développée. D'où également le fait que les services demandeurs sont considérés comme des clients.

Sont également prises en compte les exigences Lean dans l'entreprise, et l'impact qu'elles ont et auront sur la maintenance.

- ▶ Des modifications plus mineures ont eu lieu comme le fait de séparer les tâches réalisées (préparation, réalisation, etc.) des fonctions qui les réalisent.

Les fonctions et le « qui fait quoi » sont abordés dans la partie management.

L'ouvrage est ainsi structuré en cinq parties :

- ▶ La première partie (A : chapitres 1 à 3) est conçue avec une double finalité. Elle comporte une introduction aux enjeux, aux grandes descriptions et aux définitions de la maintenance. Elle est aussi prévue pour que tout acteur d'une industrie qui connaît peu la maintenance puisse, en quelques pages, se familiariser avec les concepts principaux. Pourront utilement consulter cette partie des responsables de sites, de production, des contrôleurs de gestion, des acheteurs, etc.
- ▶ La seconde partie (B : chapitres 4 à 8) décrit la maintenance en tant que discipline : son histoire, ses hommes, ses fondements, ses stratégies, sa gestion et ses budgets, ses processus. Y sont expliqués les principaux concepts et méthodes à connaître pour un professionnel de la maintenance.

- ▶ La troisième partie (C : chapitres 9 à 12) décrit les nombreux outils, méthodes et méthodologies utilisés en maintenance.
- ▶ La quatrième partie (D : chapitres 13 à 16) explore les questions de management d'un service maintenance, ses spécificités et les points d'attention.
- ▶ La cinquième (E : chapitres 17 à 23) comporte des approfondissements d'un certain nombre de notions abordées dans les parties précédentes.

Ainsi, les notions de base de maintenance sont abordées dans la première partie, les notions de fiabilité, maintenabilité et disponibilité dans la troisième partie, enfin le détail des aspects mathématiques et les différentes lois sont explorés en cinquième partie.

Enfin, je ne conçois pas un ouvrage de ce type sans possibilité pour ses lecteurs de revenir vers l'auteur, pour lui adresser remarques, compléments, retours d'expériences, suggestions ou critiques.

C'est pourquoi j'ai créé le blog : **kojchen.blogspot.com**

J'aimerais qu'il soit lieu d'échange entre professionnels sur des thèmes de maintenance et point de départ de réflexions et de progressions communes.

Aussi n'hésitez pas à vous y rendre pour contribuer à ces échanges.

Claude Kojchen

Mes premiers remerciements vont à mes proches, Isabelle, les enfants, pour leur soutien.

J'aimerais également remercier quelques collègues sans qui cet ouvrage n'aurait pas toute sa teneur : Carole Scordia, Florent Biller, Yves Gasnier, Gérard Voisin.

Enfin, lorsque je pense à mes premières années professionnelles, les plus structurantes ont sans doute été celles passées à travailler pour le cabinet Cort, référence en maintenance dans les années 1980, où j'ai été formé à la maintenance, à sa gestion, et son organisation.

Table des matières

Avant-propos	V
--------------	---

A

Introduction générale à la maintenance

Chapitre 1 : Introduction et enjeux	3
--	----------

1.1 La maintenance, lieu de tous les records	4
1.2 Les enjeux de la maintenance	5
1.3 Des humains face à des machines	11

Chapitre 2 : Histoire et métiers de la maintenance	16
---	-----------

2.1 Brève histoire de la maintenance	16
2.2 Les femmes et les hommes de maintenance	19

B

La maintenance dans l'industrie

Chapitre 3 : Fonction maintenance et service maintenance	31
---	-----------

3.1 Responsabilités du service maintenance	31
3.2 Autres activités du service maintenance	34
3.3 Autres services qui « font » de la maintenance	39
3.4 Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre	40

Chapitre 4 : Stratégies de maintenance, maintenance du futur	43
4.1 Politique équipements et stratégie de maintenance	43
4.2 Stratégie industrielle et maintenance	45
4.3 Stratégie de maintenance	46
4.4 La maintenance du futur	50
Chapitre 5 : Notions de base et définitions	57
5.1 Les différents types d'interventions	57
5.2 Déroulement d'une intervention	63
5.3 Maintenance corrective résiduelle	65
5.4 Définitions des opérations de maintenance	67
5.5 Définitions des niveaux de maintenance	69
Chapitre 6 : La maintenance dans son environnement	73
6.1 Maintenance et sécurité	73
6.2 Législation et cadre(s) réglementaire(s) de la maintenance	82
6.3 Maintenance et contraintes métiers	90
6.4 Maintenance et environnement	95
Chapitre 7 : Connaissance des équipements et de leurs comportements	101
7.1 Comprendre les comportements pathologiques : un enjeu stratégique	101
7.2 Terminologie	103

C

Outils, méthodes et méthodologies

Chapitre 8 : Outils métier et méthodes de base	109
8.1 La fonction méthodes-ingénierie de maintenance	110
8.2 Déroulement d'une opération de maintenance	113
8.3 La GMAO, outil de gestion	116
8.4 Détail des modules de GMAO	120
8.5 Le choix d'une GMAO	126
8.6 Dépanner	134
8.7 Compte rendu d'intervention	144
8.8 Retour d'expérience (REX)	150
Chapitre 9 : Gestion de la maintenance	151
9.1 Gestion et maintenance	151
9.2 Gestion des pièces de rechange	157
9.3 Budget et dépenses	185
Chapitre 10 : Outils métier élaborés	190
10.1 Criticité et programmes de maintenance	190
10.2 Système documentaire	197
10.3 Standards techniques	211
10.4 La maintenance préventive	215
10.5 Préventifs conditionnel et prévisionnel	230
10.6 La résolution de pannes	242
10.7 Préparation des travaux	259
10.8 Les arrêts programmés	271
10.9 Programmation des travaux	279

Chapitre 11 : Méthodes techniques	286
11.1 Fiabilité, maintenabilité, disponibilité (FMD)	286
11.2 LCC et maintenance à l'investissement	289
11.3 AMDEC (analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité)	302
11.4 Maintenance basée sur la fiabilité (MBF)	312
11.5 Sûreté de fonctionnement et maintenance	323
11.6 Soutien logistique intégré (SLI)	326
Chapitre 12 : Méthodes organisationnelles	329
12.1 Démarche d'amélioration de la disponibilité	329
12.2 Automaintenance	332
12.3 Taux de rendement synthétique (TRS)	335
12.4 Théorie des contraintes	339
12.5 SMED	342
12.6 Les 5 S	343
12.7 Pareto, ABC, 20-80	348
12.8 Autres méthodes organisationnelles utilisées en maintenance	357
Chapitre 13 : Méthodologies Lean, TPM et 6 Sigma : impacts et évolutions	364
13.1 Introduction	365
13.2 Lean manufacturing	366
13.3 <i>Total Productive Maintenance</i> : TPM	375
13.4 Le 6 Sigma	381

D

Manager la maintenance

Chapitre 14 : Spécificités du management de la maintenance	385
14.1 La maintenance face aux évolutions industrielle	385
14.2 Manager une équipe de maintenance	386
14.3 Structure du service	391
14.4 Le facteur humain : force et faiblesse de la maintenance	397
14.5 Articles du Code du travail spécifiques à la maintenance	399
Chapitre 15 : Système de management de la maintenance	400
15.1 Processus de maintenance	400
15.2 Certifications et maintenance : différentes situations possibles	404
15.3 Principe des systèmes de management intégré	406
Chapitre 16 : Externalisation de la maintenance	411
16.1 Contexte de l'externalisation	411
16.2 Choisir de sous-traiter	412
16.3 Sous-traiter en maintenance	416
16.4 Sous-traitance sous contrat	427
16.5 Aspects réglementaires concernant la sous-traitance	439
Chapitre 17 : Optimiser la fonction maintenance	442
17.1 Indicateurs de performance	442
17.2 Management visuel	452
17.3 Plan de progrès de maintenance	453

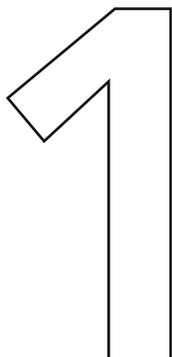
E

Compléments théoriques

Chapitre 18 : Éléments théoriques de fiabilité, maintenabilité, disponibilité	465
18.1 Les analyses FMD des systèmes réparables	465
18.2 La fiabilité : introduction et expressions mathématiques	485
18.3 La fiabilité : analyse par les lois de probabilité	497
18.4 Introduction à la maintenabilité	528
18.5 La disponibilité des systèmes réparables	540
Chapitre 19 : Modes de défaillances	551
19.1 Modes de défaillance mécanique	551
19.2 Modes de défaillance par corrosion	560
19.3 Modes de défaillance des pièces plastiques et des composites	562
19.4 Modes de défaillance des parties « commande » (PC)	563
Bibliographie	567
Acronymes, sigles et abréviations	569
Index	573

A large, white, stylized letter 'A' is centered on a grey background. Inside the 'A', there is a smaller, grey triangle pointing downwards. The text is centered within the 'A' and consists of three lines of bold, black, uppercase letters.

**INTRODUCTION
GÉNÉRALE À LA
MAINTENANCE**



Introduction et enjeux

Au cours des années passées, il m'a été donné de rencontrer beaucoup d'industriels. Des responsables maintenance, bien sûr, mais aussi des directeurs, des responsables de service (production, qualité, achats, etc.). La plupart avaient une bonne culture industrielle ; certains en avaient une excellente, et celle de certains était moins riche. Mais, pour beaucoup, la connaissance de la maintenance était sommaire.

Ce premier chapitre est une introduction générale à la maintenance et à ses enjeux. Il est conçu pour donner en quelques pages les bases de connaissances aux professionnels qui, sans être acteurs de la maintenance, sont en contact plus ou moins direct avec cette discipline et ses praticiens.

« Cette panne-là je la connais par cœur, vous allez voir, je répare en vitesse les yeux fermés ! » Lorsque j'entends un intervenant de maintenance prononcer cette phrase je sais que, sans remettre en question ses compétences techniques ou sa bonne volonté, il existe un gisement inexploité de défaillances non résolues sur les équipements qu'il a en charge.

Que sous-entend-elle ? Que cette panne est connue de lui, qu'il en a l'habitude, et que la maintenance du site se contente de répéter ce même geste de dépannage plutôt que de chercher à l'éviter.

Au-delà de l'anecdote, elle illustre bien l'évolution du niveau d'exigence demandé aux services maintenance. L'entretien « à l'ancienne » dépannait, réparait, cherchait un peu à améliorer certes, mais sans méthode ni préparation. L'image est celle du « mécano » arrivant sur place comme un sauveur pour dompter la machine et la faire redémarrer.

La maintenance a changé et continue d'évoluer. On cherche toujours à obtenir une intervention rapide et efficace, mais les objectifs sont aussi de chercher à éviter les défaillances, à diminuer leur impact, à maintenir ou diminuer les coûts. Et les exigences actuelles vont dans le sens d'une maintenance efficace, c'est-à-dire à la fois efficace et taillée au plus juste.

1.1 La maintenance, lieu de tous les records

Pourquoi parler de records pour un service qui fait partie des services supports, et naguère était considéré comme la « cinquième roue du carrosse » ?

Parce qu'en fait, toutes les contraintes techniques de l'industrie convergent vers la maintenance, pour aboutir à ces records :

Record des **besoins en compétences** : dans un site industriel, quel autre service industriel nécessite des compétences, à la fois sur les équipements, les technologies utilisées, les produits qui circulent et les procédés ; sur les dangers présents pour soi-même et pour les autres ; l'organisation du site, les consignes et les méthodes d'intervention, etc. ?

Record du **manque de reconnaissance** : la quantité et la qualité des produits sont mesurées et suivies souvent en temps réel. C'est en temps réel que l'on sait si la production excelle, alors que les résultats d'un service de maintenance se mesurent, et (pour partie) au quotidien, et sur le temps long. Comment mesurer l'influence des décisions d'aujourd'hui sur le fonctionnement futur des installations ? Comment mesurer l'excellence d'un service de maintenance ?

Pour tout « technicien » au sens large (de l'ingénieur à l'ouvrier) il suffit de bien travailler. Une fois son intervention terminée, il passe à la suivante avec la certitude du devoir accompli. Or cela ne suffit pas. Le fait d'informer de son travail peut paraître secondaire à un technicien, mais la transmission d'information et le compte rendu sont cruciaux : « j'ai fini, tu peux redémarrer » ; « voici (en images) les travaux que nous avons réalisés au cours de l'arrêt d'été » ; « nos résultats dans un rapport du mois sont... » ; etc.

Record de **complexité du management** : quel manager voudrait diriger une équipe de techniciens autonomes (plus ou moins), revêches (souvent), compétents (mais pas partout, pas dans toutes les technologies, et jusqu'à quel niveau ?), éparpillés sur l'ensemble du site, devant être présents pendant les horaires d'ouverture *et* les horaires de fermeture, et suivre des objectifs de performance d'équipements qu'il n'exploite pas directement ?

Concevoir, produire et commercialiser sont des fonctions nécessaires et facilement identifiables de l'industrie. La maintenance est une fonction « support », fortement évolutive et dont les « clients » sont internes.

Une bonne maintenance constitue un apport majeur de réactivité, de qualité, de sécurité, de respect des délais et de productivité, donc de compétitivité de l'entreprise. Comment savoir si elle est performante ? C'est souvent à la suite d'une crise que la preuve est faite : les conséquences d'une panne majeure jouent un rôle moteur dans la prise de conscience qu'on ne peut pas faire l'économie d'une maintenance efficiente.

1.2 Les enjeux de la maintenance

Quels sont les impacts d'une bonne ou d'une mauvaise maintenance ?

1.2.1 Enjeux humains

La relation production/maintenance

Un responsable production doit en permanence faire face à l'ensemble des aléas qui contraignent sa production :

- ▶ Approvisionnement de la matière première, en quantité, en qualité et dans les temps ;
- ▶ Présence à son travail de personnel formé au process, motivé et concentré ;
- ▶ Bon fonctionnement des machines de production ;
- ▶ Conformité des produits finis.

Pour chacun de ces aspects, il doit pouvoir compter sur des services supports, dont fait partie le service maintenance.

C'est le principal « client » direct de la maintenance. Cela crée des relations humaines fortes (parfois très fortes, encore que le rôle de chacun soit de plus en plus souvent pacifié), où chaque partie doit à la fois voir son point de vue et comprendre celui de son collègue. Là se trouve la clé des enjeux humains de la relation production/maintenance.

La sécurité

Le service maintenance doit en permanence tenir compte de la sécurité des équipements, car une machine qui est en panne partielle ou totale a perdu une partie ou la totalité de ses fonctions, ce qui augmente les risques qu'elle fait courir au personnel.

1.2.2 Enjeux économiques de la maintenance

La maintenance est un centre de ressources...

En complément de sa mission première de maintenance du site, le service maintenance est souvent, du fait de ses compétences techniques et de sa nature transversale, chargé de missions techniques périphériques. Il est important de faire ressortir ces diverses activités complémentaires, car leur incidence économique peut être lourde.

C'est particulièrement vrai dans le cas de sites de taille moyenne, où le service maintenance a souvent la responsabilité de la gestion des énergies, de la maîtrise de l'environnement, des services généraux voire de la sécurité. Mais, pour pouvoir être

menées à bien, toutes ces missions exigent des moyens à budgétiser, avec la même situation paradoxale que dans le cas de la maintenance des équipements : les coûts directs sont visibles sur le plan comptable, les gains le sont moins.

La maintenance est un gisement de productivité

L'expression habituelle concernant la maintenance est qu'elle coûte. Elle représente effectivement une des charges, en termes de main-d'œuvre et de pièces de rechange, de l'entreprise. À ce titre, elle coûte à l'entreprise.

La direction d'un site industriel, confronté à l'obligation d'améliorer sa rentabilité, sait que les coûts directs de maintenance représentent un poste de dépenses important et bien visible.

Pour les décideurs qui ont une approche purement gestionnaire, la maintenance demeure ce qu'était l'entretien : un centre de coût inefficace et facilement identifiable.

La tentation est grande d'obéir au réflexe suivant :

Difficultés budgétaires → Réduction des charges fixes → Réduction du budget maintenance

Or ce réflexe entraîne une aggravation des difficultés :

Réduction du budget maintenance → Moins de moyens pour maintenir le parc → Augmentation des pannes et des défauts → Pertes de qualité et de productivité → Réduction de la capacité de production → Conjoncture encore plus difficile

Les coûts indirects de maintenance, conséquences des arrêts non programmés et des aléas des machines, « s'évaporent » de la comptabilité, mais se retrouvent inexorablement dans les coûts de production.

Pour prendre conscience du fait que la maintenance est un gisement de productivité, il faut connaître les coûts indirects, dits « de non-maintenance » ou coûts des pannes (détaillés au paragraphe 9.1.2).

Inversement, une bonne maintenance constitue un fort gisement de compétitivité, et c'est souvent l'un des plus accessibles à condition de lui allouer des moyens.

La productivité correspond au rapport entre les quantités produites et les moyens mis en œuvre pour les obtenir. Dans ce rapport, la maintenance participe à la fois :

- ▶ Au numérateur, par l'augmentation des quantités produites en diminuant les pannes ;

- ▶ Au dénominateur, par la diminution des charges fixes de production, que ce soit en termes de main-d'œuvre de production, de matière, d'énergie dépensée, etc.

Les risques d'une réduction du budget de la maintenance

Lorsque la maintenance est considérée sous le seul angle de ses dépenses, les décideurs choisissent une politique à court terme, caractérisée par la réduction simpliste et autoritaire du budget. Pour un résultat économique immédiat, vont inévitablement apparaître des effets négatifs induits à moyen terme, difficilement récupérables à long terme, par augmentation des pertes liées aux dysfonctionnements des installations.

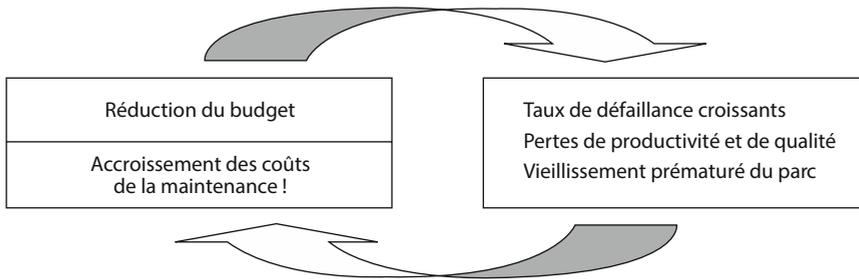


Figure 1.1 Le cercle vicieux de la réduction du budget de maintenance

Une réduction drastique du budget de maintenance implique la **croissance du taux de défaillance des équipements**. Les risques concernent :

- ▶ l'organisation (davantage de fortuit, donc moins de planification) ;
- ▶ la sécurité (risques liés aux conséquences des défaillances et aux situations d'urgence) ;
- ▶ la technologie (dégradation des équipements) ;
- ▶ la production (perturbations, productivité diminuée et qualité dégradée) ;
- ▶ les hommes (démotivés et stressés par la course contre les pannes) ;
- ▶ l'économie (accroissement des coûts directs incontournables de dépannage et de réparation). Mais surtout croissance des coûts indirects d'indisponibilité.

Remarque

Il ne faut pas confondre cette politique à court terme, avec la réduction « stratégique » du budget rendue possible du fait qu'un service maintenance efficace est chaque année plus efficace, à moindre coût.

La maintenance constitue donc un champ d'action privilégié de la recherche d'amélioration des coûts de production, et c'est la seule source significative de productivité **indépendante des conditions extérieures** : elle ne repose que sur le professionnalisme de l'entreprise, relatif à la maîtrise de l'ensemble du système de production.

En synthèse

L'amélioration de la production en quantité et en qualité passe par l'efficacité de la maintenance de l'outil de production.

La seule mesure du coût comptable de la maintenance ne suffit pas pour valoriser son efficacité.

Il faut le comparer au coût indirect, appelé aussi coût des pannes.

Coût direct de maintenance

Cet ensemble de coûts ou de charges qui sont simples à collecter (des postes comptables permettent de les identifier directement) définit ce qu'on nomme le coût direct de maintenance, qui se décompose en :

- ▶ main-d'œuvre interne et intérim (masse salariale) ;
- ▶ main-d'œuvre externe (coûts des travaux réalisés à l'intérieur du site par des entreprises extérieures) ;

Sous-traitance de maintenance

Confier des travaux de maintenance à une entreprise extérieure n'est pas une simple sous-traitance et le terme de sous-traitance est une sorte d'abus de langage, dans la mesure où il ne s'agit pas de faire réaliser des pièces à l'extérieur, mais au contraire, de remplacer une main d'œuvre interne.

Nous en verrons les modalités au chapitre 16, mais voici deux points clés :

- Externaliser sa maintenance ne signifie pas que l'on va ne plus avoir à s'en occuper
- La tendance qui consiste à recentrer l'entreprise sur son cœur de métier, à produire uniquement et à sous-traiter le reste, ne doit pas inclure la maintenance des équipements : la maintenance du process EST cœur de métier.

- ▶ achats de pièces de rechange (réalisées ou achetées à l'extérieur) ;
- ▶ sorties de pièces de rechange du stock.

Pièces de rechange

Pas de maintenance sans pièce de rechange.

Elles représentent 40 à 60 % du coût direct de maintenance, donc un gisement important de coûts ou d'économies.

Elles sont soit achetées directement, soit stockées en attendant d'en avoir besoin.

La vocation première d'un magasin pièces de rechange est de permettre de dépanner rapidement une machine (plus rapidement qu'en achetant la pièce à un fournisseur). Par extension, ce magasin permet aussi de stocker en un même endroit l'ensemble des pièces et consommables dont on peut avoir besoin. Il évite d'avoir à approvisionner un joint, puis un roulement, puis un palier, etc.

Cette fonction du magasin pièces de rechange est donc fondamentalement différente de celle d'un magasin matières premières ou produits finis. Si les euros immobilisés dans ce type de magasins sont les mêmes, la raison pour laquelle ils le sont est différente, et on ne doit pas attendre les mêmes rotations d'un magasin pièces de rechange. Le choix de stocker des pièces de rechange et celui du nombre de pièces à stocker dépendent des probabilités d'avoir à utiliser ces pièces.

Il faut bien entendu gérer et optimiser un stock de pièces de rechange, mais selon des critères différents de ceux d'un magasin de production.

Coût indirect de maintenance

On néglige souvent de calculer ce coût, ou devrait-on dire, ces coûts indirects de maintenance. Or ils sont souvent de même ordre de grandeur que le coût direct, et ils sont un levier puissant de réflexion sur l'efficacité de la maintenance.

Si C_i représente le coût d'indisponibilité d'un site, et C_d son coût direct de maintenance, la comparaison entre les deux est très éclairante.

Si $C_i > C_d$, la maintenance préventive n'est pas assez développée.

Si $C_i > 2 \times C_d$, mieux vaut se donner de la marge dans le planning de production !

Les coûts indirects ne sont pas des charges directement mesurables dans le compte d'exploitation de l'entreprise. Ils sont constitués des surcoûts d'exploitation dus aux arrêts fortuits et aux aléas des équipements. On va ainsi calculer ce que coûtent l'ensemble des pannes en termes de non-production. Ne sont intégrés dans ce coût que les arrêts fortuits : un arrêt programmé est considéré comme permettant à la production de s'organiser, et n'est donc pas compté. Nous verrons plus loin (paragraphe 9.1.2) différentes méthodes de calcul, mais l'exercice est souvent délicat, et demande l'intervention du contrôle de gestion, qui a l'habitude de manier les ratios et valeurs de production.

1.2.3 Enjeux techniques

Pérennité des équipements

L'un des enjeux de la maintenance est de maintenir le matériel en état et/ou de le faire durer.

Vision à long terme contre vision à court terme

Le rêve de tout décideur d'entreprise est de promouvoir une maintenance efficiente. Mais ce même décideur pratique trop souvent une gestion à court terme, le regard fixé sur le compte d'exploitation de l'année. Or ni la maintenance du parc, ni les investissements liés à la mutation des compétences, ni le développement de projets structurants ne sont prioritaires ni rentables dans une vision à court terme.

Pourtant, les actions à mener sur les équipements comme sur les compétences, ainsi que le déploiement de nouvelles organisations représentent des enjeux sur le futur proche. Bien des responsables de maintenance en sont conscients, sachant que le matériel dont ils ont la responsabilité est engagé pour 10 ans, 15 ans ou plus.

En revanche, certains dirigeants d'entreprises n'ont pas la même conscience du coût du cycle de vie d'une installation. Ils sous-estiment souvent l'impact d'une bonne maintenance sur l'efficacité et la durabilité du capital productif.

L'incalculable retour sur investissement

Un autre aspect de ce problème réside dans le fait que le coût de développement de beaucoup de projets (ingénierie de maintenance, programme de prévention, projet GMAO par exemple) est chiffrable, alors que les gains attendus à moyen terme sont aussi indiscutables qu'ils ne sont pas facilement chiffrables.

Les deux objectifs fondamentaux de la maintenance

Nous pouvons identifier deux objectifs majeurs de maintien d'un site de production :

- ▶ l'un est à dominante économique : **réduire les dépenses** et à travers elles, le budget du service ;
- ▶ l'autre est à dominante opérationnelle : **améliorer la disponibilité du système productif** et à travers elle, la productivité.

Ces deux objectifs supposent la maîtrise technique de l'outil de travail, ainsi que la définition d'indicateurs qui permettent de mesurer objectivement les progrès attendus et obtenus. Ils peuvent se succéder (cas d'une surcapacité de production suivie d'une période surchargée par exemple), ou peuvent coexister sur des équipements d'environnements économiques différents.

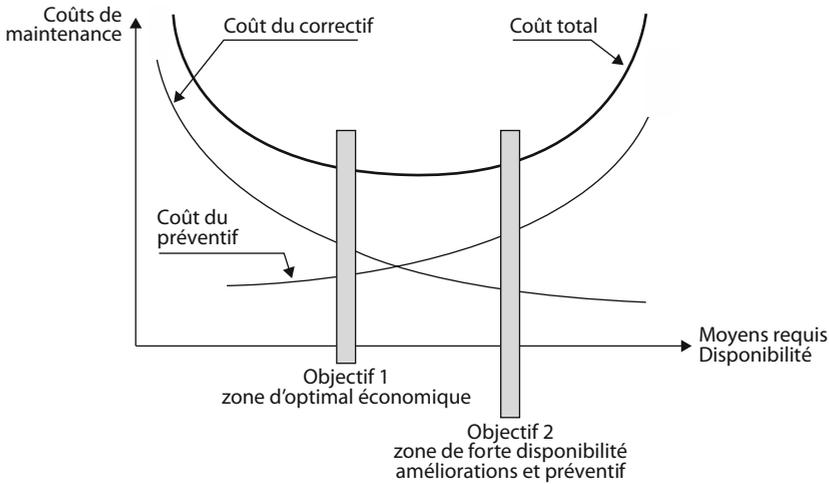


Figure 1.2 Les deux objectifs possibles de maintenance d'un équipement

1.3 Des humains face à des machines

Comment parler de maintenance sans parler des femmes et des hommes qui la rendent possible ?

En maintenance, la réflexion, la préparation et les méthodes sont nécessaires mais cette discipline est, avant tout et fondamentalement, réalisée par une intervention humaine. L'arrivée de « l'industrie 4.0 » ne changera pas cela de sitôt.

1.3.1 La vie d'un service maintenance

La vie d'un service maintenance est différente par nature de celle des autres services du fait de l'autonomie des intervenants et des compétences nécessaires.

Un intervenant de maintenance est autonome par nature et obligation. Il connaît l'ensemble de l'usine, ou du moins son secteur, par cœur. Il connaît chaque opératrice ou opérateur, et est connu d'eux (ce qui explique pour moi en partie le fait que l'on trouve souvent des délégués au sein d'un service maintenance). Lorsqu'il quitte son atelier pour réaliser une intervention, il a pensé aux outils dont il aura besoin, et organisé mentalement son chantier.

Cette autonomie suppose un mode de management spécifique, exigeant mais aussi bâti sur la confiance réciproque et la solidarité.

La vie d'un service maintenance est le résultat d'un équilibre permanent entre le programmé et les aléas. L'idéal serait de pouvoir distribuer le travail sereinement à

des techniciens qui savent ce qu'ils ont à faire à l'avance, s'y préparent et le réalisent en toute quiétude. Cette organisation est impossible à atteindre, mais l'objectif d'un service maintenance peut être de l'approcher.

Au-delà du management classique d'une équipe technique, les critères de réussite d'une intervention ne sont pas toujours simples. Une intervention peut-elle être considérée comme réussie dans les cas suivants ?

- ▶ Dépannage et remise en route rapide d'une machine stratégique : comment qualifier l'intervention précédente du technicien sur une machine moins stratégique, qu'il a dû interrompre à cause de ce dépannage ?
- ▶ Diagnostic juste, mais qui a obligé l'électricien à redémarrer l'équipement pour pouvoir analyser le problème (donc en augmentant son exposition aux dangers).
- ▶ Remise en route rapide de la machine grâce au coup de téléphone de l'agent de maîtrise maintenance au responsable SAV du fabricant ayant permis d'accélérer la livraison de la pièce défectueuse (mais cette pièce peu onéreuse n'était pas suivie en préventif, ni tenue en stock).

Ces trois exemples parmi tant d'autres montrent la complexité des critères de réussite en maintenance. L'atteinte d'objectifs en est bien sûr un, mais c'est dans le temps que le responsable maintenance peut et doit connaître les membres de son équipe.

Triptyque Technique – Gestion – Management

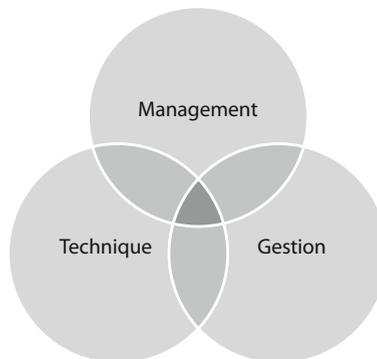


Figure 1.3 Triptyque Technique – Gestion – Management

La figure 1.3 montre les trois composantes liées aux métiers de la maintenance :

- ▶ La technique, vocation première et principale de la maintenance. Sans compétence technique, il est impossible de réaliser ou de faire réaliser une intervention de maintenance.

En synthèse

La maintenance ne se fait pas seulement outil en main, mais aussi au cours de travaux de gestion (préparation des travaux, achats de pièces, optimisation du préventif, etc.) et de management.

- ▶ La gestion : sa nécessité est apparue au tournant des années 1980, au moment où la bonne gestion des activités est devenue importante. Il s'agit de gérer :
 - ▷ les budgets et les dépenses ;
 - ▷ les interventions et leur avancement ;
 - ▷ les pièces de rechange et leur stockage ;
 - ▷ le préventif : création, lancement, suivi de réalisation.

L'outil de cette gestion est par essence la GMAO.

- ▶ Le management : le fort besoin de cet aspect apparaît clairement depuis quelques années.

Les proportions de chaque composante changent selon la fonction, mais elles sont toujours présentes. Chaque niveau hiérarchique doit déployer à un moment l'une de ces trois compétences. Le responsable maintenance a une forte part de management et de gestion, mais conserve une part de technique. Inversement, un technicien verra sa plus grande part d'activité consacrée aux aspects techniques, mais devra consacrer un temps à la gestion et, ponctuellement, au management.

Sécurité et qualité de vie des intervenants

Le service maintenance doit être présent, et pendant le fonctionnement d'un site, et pendant son arrêt. Une présence est en effet nécessaire pendant le temps d'ouverture pour pallier les problèmes éventuels, et elle l'est aussi pendant les arrêts pour pouvoir réaliser des travaux nécessaires à l'arrêt.

Ce qui veut dire que les horaires de couverture d'un service maintenance vont toujours au-delà des horaires de production. Cela impacte la qualité de vie au travail des équipes.

Comment intervenir en sécurité alors qu'une machine en panne est un matériel dont l'état n'est, par nature, plus conforme. Comment intervenir efficacement sur un tel équipement ? Comment savoir quel est le problème sans tenter de le redémarrer partiellement ?

La sécurité lors des interventions doit être un souci constant des responsables et des intervenants. Ces différentes questions sont abordées au paragraphe 6.1.

1.3.2 L'évolution des technologies

L'évolution des machines

L'entreprise, pour assurer sa fonction de production, doit augmenter sa productivité et utilise de moins en moins d'hommes. Le temps de production « machine » a supplanté, dans tous les pays industrialisés, le temps de production « homme-outil » (le menuisier et son rabot), puis « homme-machine » (le tourneur et son tour).

Au cours du siècle précédent, les technologies en jeu au cœur des machines ont profondément changé :

- ▶ De purement mécaniques, mues par des courroies reprenant l'énergie de rotation d'un axe principal, les machines ont commencé par intégrer de l'électricité pour leur puissance. Puis l'électricité a également servi à la commande. L'énergie pneumatique est apparue, pour la puissance et ponctuellement la commande.
- ▶ Les automates et les régulations électroniques ont permis des commandes souples, et programmables.
- ▶ Pour la puissance, les variateurs de vitesse puis les moteurs brushless ont apporté une souplesse et un couple inconnus jusqu'ici en évitant les longues séances de nettoyage et de remplacement des balais des moteurs à courant continu.
- ▶ Les capteurs sont devenus et continuent à devenir de plus en plus sophistiqués (et chers).
- ▶ Les robots, par leur adaptabilité et leur robustesse, ont aussi révolutionné la maintenance.
- ▶ L'informatique industrielle tend à superviser de plus en plus le fonctionnement de machines ou de lignes.
- ▶ La 4^e révolution industrielle, née du numérique, est annoncée et commence à produire des composants intelligents, capables de transmettre leur état en temps réel (internet des objets). Nous en examinons les impacts au paragraphe 10.5.4.

Impacts sur la maintenance

Un technicien de maintenance entré il y a 35 ans dans un service (vous en connaissez), et toujours en activité, a commencé à travailler sur des machines purement mécaniques (tours, fraiseuses), ou comportant beaucoup d'hydraulique, souvent proportionnelle. Les lignes de machines étaient des machines-transferts, dont les commandes étaient des cames, des chaînes et des mécanismes élaborés. Pour dépanner, il avait accès directement à l'ensemble des organes (souvent sans protecteur) et pouvait constater rapidement d'où venait la défaillance.

Aujourd'hui, il travaille sur des machines dont tous les mouvements peuvent être engendrés par des moteurs brushless (mais qui comportent au minimum un moteur