

Chapitre 1. Introduction : Evolution et émergence de la maintenance

1.1 Historique et évolution de la maintenance

La maintenance n'a pas toujours eu la place qu'elle occupe aujourd'hui dans les entreprises. Son évolution est étroitement liée au développement des machines, à la complexification des systèmes de production, aux exigences de sécurité et à l'augmentation du coût des arrêts de production.

1.1.1. Avant 1900 : l'époque de la réparation

Avant l'industrialisation moderne, les interventions sur les équipements étaient essentiellement réalisées après l'apparition d'une panne. À cette époque, les équipements étaient généralement moins complexes et les moyens techniques permettant de prévoir les défaillances étaient très limités.

L'objectif principal était simple : réparer l'équipement afin de le remettre en fonctionnement.

La logique était donc essentiellement corrective :

Panne → réparation → remise en service

1.1.2. 1900- 1970 : de l'entretien à une organisation plus structurée

Au cours du XX^e siècle, le développement des chemins de fer, de l'automobile, de l'aviation et des industries militaires, notamment pendant les deux guerres mondiales, entraîne une augmentation importante du nombre et de la complexité des équipements. La nécessité de maintenir les machines en état de fonctionnement devient progressivement plus importante.

La notion d'entretien apparaît et les entreprises commencent à organiser les interventions sur les équipements (1).

Cependant, pendant une grande partie de cette période, l'entretien reste principalement considéré comme une fonction de soutien à la production. Il intervient souvent lorsque l'équipement est déjà défaillant, avec pour objectif prioritaire de remettre rapidement la production en marche.

Les interventions peuvent également être réalisées selon les recommandations générales du constructeur, sans toujours tenir suffisamment compte des conditions réelles d'utilisation de l'équipement : cadence de production, charge, environnement, température, ancienneté, fréquence d'utilisation, etc.

On peut ainsi résumer cette logique par :

Défaillance → intervention → réparation → remise en production

Cette approche présente une limite importante : elle ne permet pas toujours d'anticiper les défaillances ni de maîtriser leurs conséquences (2).

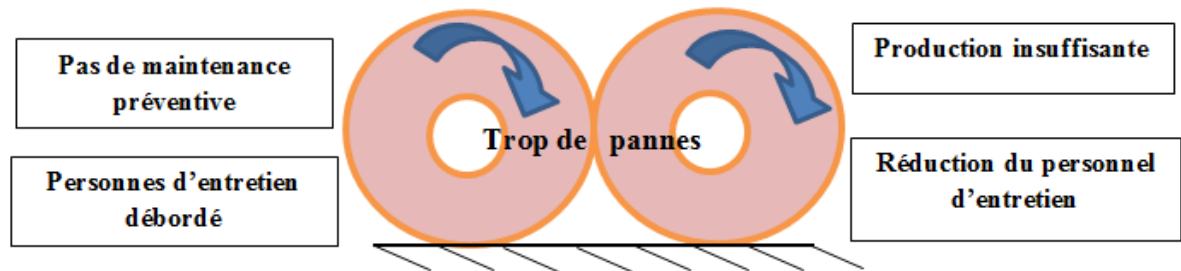


Figure 1.1. Les cercles vicieux de l'entretien (1)

1.1.3. A partir de 1970 : Emergence de la maintenance moderne

À partir des années 1970, les systèmes industriels deviennent de plus en plus complexes, automatisés et interdépendants. L'introduction des automatismes, de l'électronique, de l'informatique industrielle et de la robotisation augmente les performances des systèmes, mais peut également rendre leurs défaillances plus complexes à diagnostiquer et à maîtriser.

Parallèlement, les conséquences d'un arrêt deviennent de plus en plus importantes (3) (4) :

- perte de production ;
- retards de livraison ;
- augmentation des coûts ;
- diminution de la qualité ;
- indisponibilité des équipements ;
- risques pour les personnes et l'environnement ;
- dégradation de l'image de l'entreprise.

La maintenance commence alors à être considérée non plus uniquement comme une activité de réparation, mais comme une fonction organisée et stratégique contribuant à la performance globale de l'entreprise.

L'objectif évolue progressivement :

Ne plus attendre uniquement la panne, mais chercher à la prévenir, à la détecter suffisamment tôt ou à en limiter les conséquences.

C'est dans cette évolution que se développent et se structurent différentes approches telles que la maintenance préventive, la maintenance conditionnelle, la maintenance prédictive, la maintenance productive totale (TPM) et, plus tard, les approches fondées sur la fiabilité et la criticité des équipements (3).

Une manière simple de comprendre cette évolution est :

Réparer → Entretenir → Prévenir → Prévoir → Optimiser

Ainsi, l'entretien traditionnel est principalement orienté vers le maintien en fonctionnement, tandis que la maintenance moderne cherche également à anticiper les défaillances et optimiser les performances, les coûts, la disponibilité et la sécurité.

1.2 Facteurs favorisant l'émergence du besoin de maintenance

Le passage d'un entretien essentiellement correctif vers une maintenance organisée et anticipative n'est pas dû à un seul facteur. Plusieurs évolutions techniques, économiques, humaines et réglementaires ont contribué à cette transformation (1) (3).

Au niveau de l'entreprise, les principaux objectifs sont notamment :

Réactivité – Qualité – Productivité – Sécurité – Maîtrise des coûts

1.2.1. Complexification des équipements

Les équipements industriels sont devenus plus complexes et intègrent souvent plusieurs technologies : mécanique, électrique, hydraulique, pneumatique, électronique, automatique et informatique. Une défaillance d'un seul composant peut parfois entraîner l'arrêt d'un système complet.

Cette complexité nécessite donc des compétences et des méthodes de maintenance adaptées.

1.2.2. Développement de l'automatisation

L'automatisation et la robotisation permettent d'améliorer la productivité et la qualité, mais elles rendent également les systèmes plus interdépendants. Une défaillance d'un capteur, d'un

automate, d'un système de communication ou d'un actionneur peut provoquer l'arrêt d'une installation entière.

La maintenance doit donc accompagner l'évolution technologique des systèmes de production

1.2.3. Augmentation du coût des défaillances

Le coût d'une panne ne correspond pas uniquement au coût de la réparation. Il peut également comprendre :

- les pièces de rechange ;
- la main-d'œuvre ;
- les pertes de production ;
- les retards de livraison ;
- les coûts liés à la non-qualité ;
- les coûts énergétiques supplémentaires ;
- les conséquences sur la sécurité et l'environnement.

Ainsi, ***une panne peu coûteuse à réparer peut avoir des conséquences économiques très importantes***

1.2.4. Recherche de la qualité et de la productivité

La compétitivité des entreprises impose généralement de produire avec une qualité constante, dans des délais maîtrisés et avec une utilisation efficace des ressources. La maintenance contribue à ces objectifs en permettant de maintenir les équipements dans des conditions de fonctionnement satisfaisantes.

Une maintenance efficace contribue notamment à améliorer :

- la disponibilité des équipements ;
- la fiabilité ;
- la qualité de production ;
- la productivité ;
- la maîtrise des coûts.

1.2.5. Importance de la sécurité

Dans certains secteurs, une défaillance peut avoir des conséquences graves sur les personnes, les installations ou l'environnement.

C'est notamment le cas dans :

- l'industrie chimique et pétrochimique ;
- l'industrie nucléaire ;

- l'aviation ;
- le transport ferroviaire ;
- les installations énergétiques ;
- certaines installations médicales.

Dans ces secteurs, la maintenance participe directement à la prévention des accidents et à la maîtrise des risques

1.2.6. Contraintes réglementaires

Dans plusieurs secteurs, la réglementation impose des contrôles, inspections, vérifications ou opérations de maintenance sur certains équipements.

La maintenance doit donc également prendre en compte les exigences réglementaires et normatives applicables à l'activité concernée.

1.2.7. Évolution des compétences

Le développement des nouvelles technologies nécessite des techniciens et des ingénieurs capables d'intervenir sur des systèmes de plus en plus complexes. La formation du personnel constitue donc un facteur important dans l'évolution de la maintenance (5).

Il ne suffit plus de savoir réparer une machine ; il faut également être capable de :

- analyser une défaillance ;
- rechercher sa cause ;
- évaluer sa criticité ;
- choisir une action de maintenance ;
- exploiter les données historiques ;
- utiliser une GMAO ;
- proposer des améliorations.

1.2.8. Prise en compte du coût global

Les entreprises prennent progressivement davantage en considération le coût global du cycle de vie d'un équipement. Le choix d'un équipement ne doit donc pas être basé uniquement sur son prix d'achat. Il faut également considérer les coûts liés à son exploitation, sa maintenance, ses arrêts et sa fin de vie.

Les facteurs précédents sont fortement interdépendants.

La performance d'un système dépend à la fois des hommes, des équipements, de l'organisation et de l'environnement dans lequel ils fonctionnent.

1.3 Importance de la maintenance dans le cycle de vie d'un équipement

« La maintenance accompagne l'équipement tout au long de son cycle de vie. »

En effet, la maintenance ne commence pas nécessairement au moment de la première panne. Elle doit être prise en compte dès les premières phases du cycle de vie de l'équipement (6).

1.3.1. Dès la conception

Dès la conception, il est possible d'intégrer des caractéristiques facilitant les futures opérations de maintenance. On parle notamment de maintenabilité (7).

La maintenabilité peut être définie comme l'aptitude d'un bien, dans des conditions données d'utilisation, à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est réalisée dans des conditions données et avec les moyens prescrits.

Cela peut concerner, par exemple :

- l'accessibilité des composants ;
- la facilité de démontage ;
- la possibilité de réaliser des contrôles ;
- la disponibilité des informations techniques ;
- la facilité de diagnostic ;
- la standardisation des composants.

1.3.2. Lors de l'achat

Le service maintenance peut participer au choix d'un équipement. Il peut notamment examiner :

- la fiabilité annoncée ;
- la maintenabilité ;
- la disponibilité des pièces de rechange ;
- les délais d'approvisionnement ;
- les compétences nécessaires ;
- la documentation technique ;
- les coûts futurs de maintenance ;
- les conditions de garantie et de service après-vente.

Ainsi, le prix d'achat ne doit pas être le seul critère de décision

1.3.3. Lors de l'installation et de la mise en service

La maintenance participe également à l'installation et à la mise en service de l'équipement.

Cette phase permet notamment :

- de vérifier le montage ;
- d'identifier les conditions normales de fonctionnement ;

- de recueillir les informations techniques ;
- de préparer les opérations de maintenance ;
- d'établir les premières données de référence

1.3.4. Pendant l'exploitation

C'est pendant cette phase que la maintenance joue son rôle le plus visible. Elle peut comprendre :

Maintenance corrective → intervenir après une défaillance.

Maintenance préventive → intervenir avant la défaillance selon une politique définie.

Maintenance conditionnelle → intervenir en fonction de l'état réel de l'équipement.

Maintenance prédictive → utiliser le suivi et l'analyse de données pour anticiper l'évolution d'une dégradation et planifier l'intervention.

L'objectif n'est donc pas simplement de « réparer », mais de rechercher le meilleur compromis entre performance, disponibilité, sécurité et coût.

1.3.5. Fin de vie de l'équipement

La maintenance doit également tenir compte de la fin de vie de l'équipement.

Lorsque les coûts de maintenance deviennent trop importants, que les pièces de rechange deviennent difficiles à obtenir ou que l'équipement ne répond plus aux besoins de l'entreprise, plusieurs décisions peuvent être envisagées :

- rénovation ;
- modernisation ;
- remplacement ;
- déclassement ;
- démantèlement ou valorisation de certains composants.

1.4 Importance de la maintenance selon le secteur d'activité

L'importance de la maintenance n'est pas identique dans toutes les entreprises.

Elle dépend notamment :

- de la criticité des équipements ;
- du coût d'un arrêt ;
- des exigences de sécurité ;
- de la valeur de la production ;
- du niveau d'automatisation ;
- des exigences réglementaires ;

- des conséquences environnementales d'une défaillance.

Il n'existe pas une seule politique de maintenance valable pour toutes les entreprises. La stratégie doit être adaptée aux caractéristiques de l'équipement, à son utilisation, à sa criticité et aux conséquences de sa défaillance (5).

La criticité doit être évaluée au niveau de l'entreprise, du système et même de l'équipement.

On peut néanmoins présenter les tendances suivantes :

Tableau 1.1. Exemple de casement par secteur

Niveau d'importance	Exemples de secteurs	Justification
Très élevée	Nucléaire, pétrochimie, chimie, aéronautique, ferroviaire	Sécurité, continuité de service, conséquences potentielles majeures
Élevée	Automobile, énergie, industries de process, grandes installations automatisées	Coût élevé des arrêts et exigences de productivité
Moyenne à élevée	Industries manufacturières automatisées	Disponibilité et maîtrise des coûts
Variable	Petites entreprises, ateliers, équipements diversifiés	Importance dépendant de la criticité et du coût des arrêts