

# La Maintenance

---

NOTIONS DE BASE

Souheil ELGAIED



# Plan

---

- But**
- Définitions**
- Approche de la maintenance**
- Objectifs de la maintenance**
- Les méthodes de la maintenance**
- Les opérations de la maintenance**
- Les niveaux de maintenance**
- Maintenance Préventive : Quand?**
- Les méthodes de la maintenance : Aspect économique**
- Les méthodes de la maintenance : Introduction à la maintenance corrective**
- Les méthodes de la maintenance : Introduction à la maintenance préventive**
- La gestion des interventions**

# But

---

La fonction maintenance a pour but d'assurer la **disponibilité maximale** des installations et infrastructures de production à un **coût optimal** dans de bonnes conditions de qualité et de sécurité.

# Définitions

---

## La fonction maintenance :

Selon la norme **AFNOR** norme X60-010 la fonction maintenance est définie comme « **l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé** ».

## Définition Larousse :

« **Ensemble de tout ce qui permet de maintenir ou de rétablir un système en état de fonctionnement** ».

# Définitions

---

**Un Bien** : tout élément, composant, équipement, tout système, etc., que l'on peut considérer individuellement et qui a pour objet d'assurer une fonction donnée.

**Entretenir** : c'est dépanner et réparer. Donc, entretenir c'est subir le matériel.

**Maintenir** : c'est choisir les moyens de prévenir, corriger, modifier, rénover tout en veillant à optimiser le coût global de la possession. Alors, maintenir c'est maîtriser.

# Définitions

---

**Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au coût global optimal.**

**MAITRISER AU LIEU DE SUBIR**

# Définitions

---

## Le dépannage :

Selon l'AFNOR, le dépannage est « **l'action sur un bien en panne en vue de le remettre en état, au moins provisoirement** » (NF X60-010).

Le dépannage consiste donc à **remettre en service**, le plus **rapidement** possible, mais, éventuellement **provisoirement**, un équipement en panne ou présentant des signes de défaillance. Le dépannage existera donc sur tous les équipements, indépendamment de la méthode d'entretien pouvant leur être appliquée.

# Définitions

---

## La réparation :

Selon l'AFNOR, la réparation est « **une intervention définitive et limitée de maintenance corrective après défaillance** » (NF X60-010).

La réparation peut prendre différentes formes :

- Réparation limitée, intervenant après panne,
- Révision partielle ou générale, après un temps de fonctionnement plus ou moins long,
- Echange standard d'un sous-ensemble de la machine,
- Remise en état de l'échange standard précédemment déposé.

# Définitions

---

## Caractéristiques des Biens :

- **Fiabilité**
- **Maintenabilité**
- **Durée de fonctionnement**
- **Disponibilité**
- **Durabilité**
- **Durée de vie**
- **Défaillance**

# Définitions

---

## Caractéristiques des Biens : **Fiabilité**

« Aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un temps donné ».

Caractéristique d'un bien exprimée par la probabilité qu'il accomplisse une fonction requise dans des conditions données, pendant un temps donné.

La fonction requise est une ou plusieurs fonctions exigées par l'utilisateur.

# Définitions

---

## Caractéristiques des Biens : **Maintenabilité**

« Dans des conditions données d'utilisation pour lesquelles il a été conçu, aptitude, d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et moyens prescrits ».

# Définitions

---

Caractéristiques des Biens : **Durée de fonctionnement**

« **Durée pendant laquelle un bien accomplit effectivement la fonction qui lui a été assignée** ».

# Définitions

---

## Caractéristiques des Biens : **Disponibilité**

«Aptitude d'un bien, sous les aspects combinés de sa fiabilité, maintenabilité et de l'organisation de la maintenance, à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions de temps déterminées».

# Définitions

---

## Caractéristiques des Biens : **Durabilité**

«Durée de vie ou durée de fonctionnement potentielle d'un bien pour la fonction qui lui a été assignée dans des conditions d'utilisation et de maintenance données».

# Définitions

---

Caractéristiques des Biens : **Durée de vie**

«Durée pendant laquelle un bien a accompli la fonction qui lui a été assignée».

# Définitions

---

Caractéristiques des Biens : **Défaillance**

«Cessation totale ou partielle de la fonction requise ou de la disponibilité».

# Approche de la maintenance

---

## L'HOMME

- Naissance
- Longévité
- Bonne santé
- Mort

## LA MACHINE

- Mise en service
- Durabilité
- Fiabilité
- Rebut

# Approche de la maintenance

---

**L'HOMME**

- Naissance

Connaissance  
de l'homme

**LA MACHINE**

- Mise en service

Connaissance  
technologique

# Approche de la maintenance

---

**L'HOMME**

- Longévité

Connaissance  
des maladies

**LA MACHINE**

- Durabilité

Connaissance  
Des défaillances

# Approche de la maintenance

---

**L'HOMME**

- Bonne santé

Connaissance  
des traitements

**LA MACHINE**

- Fiabilité

Connaissance  
Des actions correctives

# Approche de la maintenance

---

**L'HOMME**

- Mort

**Opération**

**LA MACHINE**

- Rebut

**Rénovation**

# Approche de la maintenance

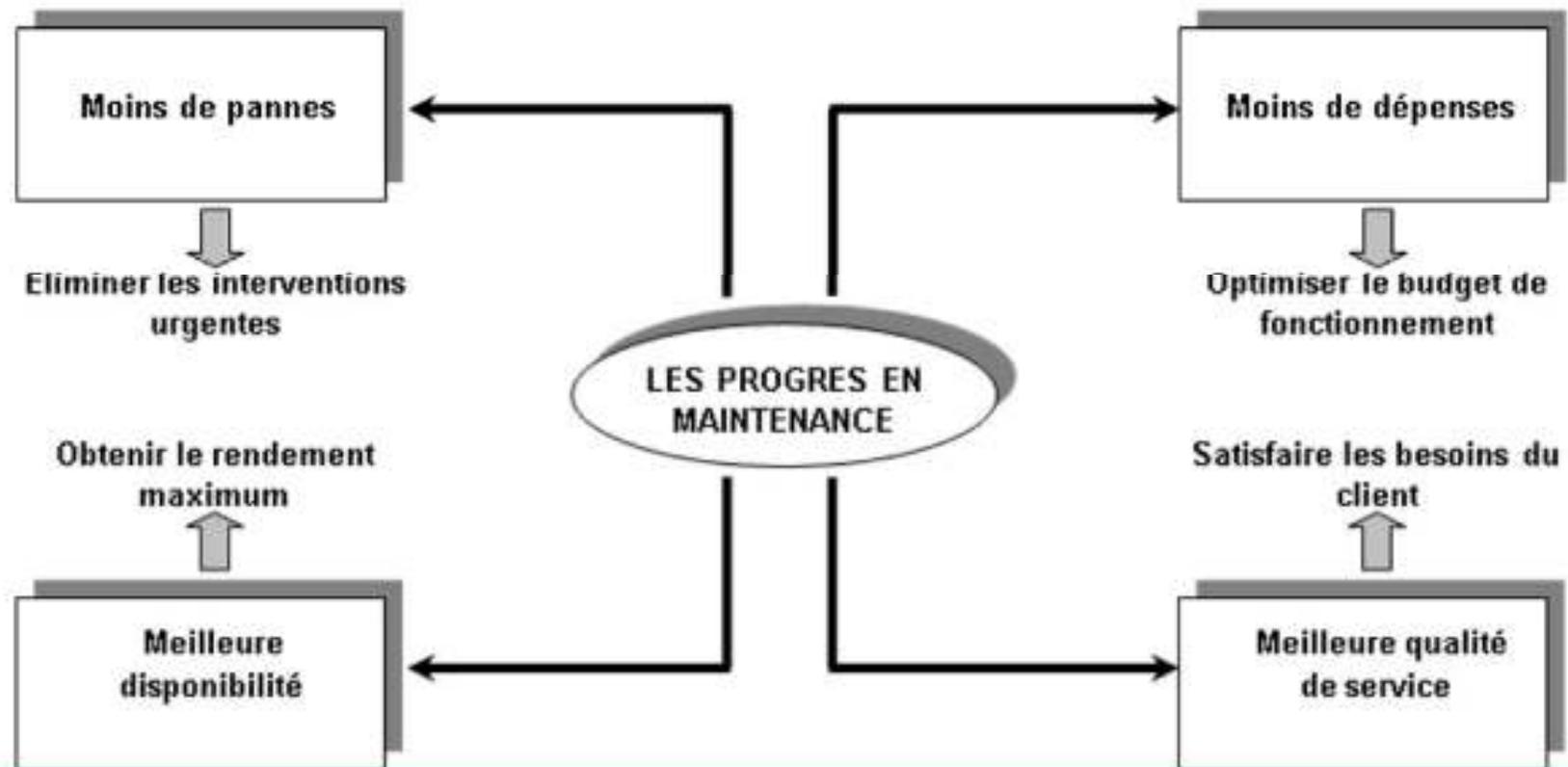
---

L'HOMME

LA MACHINE

**La maintenance est la médecine des machines**

# Objectifs de la maintenance



# Objectifs de la maintenance

---

- Obtenir la période maximum d'opération pour la production et l'emploi maximum des services de maintenance au coût le plus bas possible
- Assurer la qualité et la quantité de produits fabriqués (ou services) tout en respectant les délais
- Recueillir l'information sur les coûts et autres éléments nécessaires à l'optimisation de la performance
- Contribuer à la création et au maintien de la sécurité au travail
- Préserver et respecter l'environnement

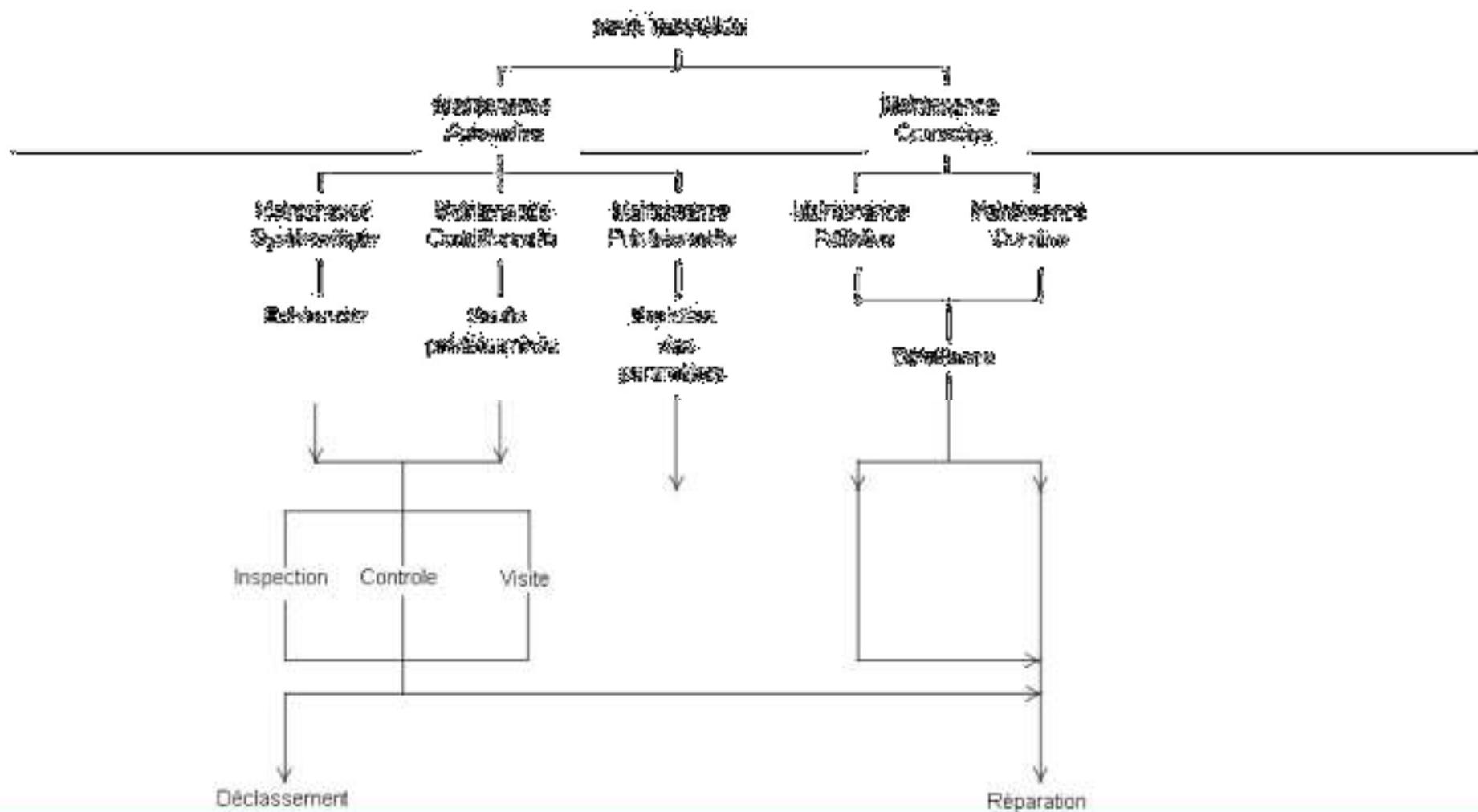
# Les méthodes de maintenance

---

La maintenance se décompose en deux grandes familles :

**La maintenance préventive**

**la maintenance corrective**



# Les méthodes de maintenance

---

## La maintenance préventive :

La maintenance préventive est la maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un service rendu. Les actions sont déclenchées selon un échéancier selon des critères prédéterminés significatifs. Elle se décompose de trois secteurs :

- **La maintenance systématique** (échéance de temps),
- **La maintenance conditionnelle** (échéance d'un seuil de paramètre),
- **La maintenance prévisionnelle** (échéance sur analyse de l'évolution de paramètres).

# Les méthodes de maintenance

---

## La maintenance préventive : **Systematique**

La maintenance systématique consiste à intervenir à périodes fixes ( selon un échéancier ) ou sur base d'unités d'utilisation fixées à l'avance ( p.ex. nombre d'heures ou nombre de kilomètres ) sur le matériel et infrastructures pour détecter les anomalies ou les usures prématurées et y remédier avant qu'une panne ne se produise

# Les méthodes de maintenance

---

## La maintenance préventive : **Systematique**

Elle a comme buts :

- Limiter le vieillissement du matériel et des infrastructures
- Améliorer l'état du matériel avant qu'il n'entrave la production en qualité, quantité ou prix
- Intervenir avant que les coûts de la réparation ne soient trop élevés
- Eliminer ou de limiter les risques de pannes pour le matériel à fort coût de défaillance (machine pouvant arrêter la production par exemple)
- Diminuer les temps d'arrêt au moment d'une révision ou d'une panne

# Les méthodes de maintenance

---

## La maintenance préventive : **Systematique**

Elle a comme buts :

- Permettre l'exécution des réparations dans des meilleures conditions
- Eviter les consommations de pièces et d'énergie exagérées
- Supprimer les causes d'accidents graves
- Agir sur l'état d'esprit du personnel
- Diminuer la charge totale de la maintenance.

# Les méthodes de maintenance

---

## La maintenance préventive : **Systematique**

Cette forme de maintenance préventive implique des travaux qui portent sur :

- L'inspection du matériel en fonctionnement : sur base d'un système de visites pour vérification des conditions de marche selon un programme à échéances fixes
- Les interventions systématiques dans le cadre d'un programme de remplacement. Ce programme sera mis au point d'une part par l'estimation de la durée de fonctionnement des pièces d'usure et d'organes, d'autre part sur base des expériences des premières visites d'inspection

# Les méthodes de maintenance

---

## La maintenance préventive : **Systematique**

Cette forme de maintenance préventive implique des travaux qui portent sur :

- Les divers degrés de révisions, qui demandent en général un travail considérable et qui sont effectuées lors d'un arrêt ou pendant les périodes de faible production (congés)
- les travaux courants à caractère préventif comme le graissage, le réglage, le nettoyage, le rodage des machines neuves ou révisées, la peinture, etc.

# Les méthodes de maintenance

---

## **La maintenance préventive : Conditionnelle**

La maintenance conditionnelle est la maintenance préventive subordonnée au franchissement d'un seuil prédéterminé, sur un paramètre choisi, significatif de l'état de dégradation du bien.

Elle permet l'analyse de l'état d'usure du matériel pendant son fonctionnement. Elle est particulièrement intéressante, vu le fait que l'on n'est pas obligé de démonter le matériel pour se faire une idée de son état. Elle exige par contre un équipement adapté et un personnel spécialisé

# Les méthodes de maintenance

---

## La maintenance préventive : **Conditionnelle**

Les techniques utilisées sont surtout :

- L'analyse des bruits
- L'analyse des vibrations
- La thermovision ou la thermographie
- L'analyse par émission d'ultrasons
- Le spectre de fréquences

# Les méthodes de maintenance

---

## La maintenance préventive : **Conditionnelle**

Les techniques utilisées sont surtout :

- L'analyse spectrométrique des huiles
- L'analyse de la corrosion
- L'analyse structurelle (échographie, courant de Foucault, etc.)
- L'analyse par émission d'ultrasons
- le contrôle de rendement (vitesse, débit, pression, etc.)

# Les méthodes de maintenance

---

## **La maintenance préventive : Conditionnelle**

Suite aux anomalies détectées par les inspections, contrôles et visites effectuées dans le cadre d'un programme préventif, des interventions occasionnelles de maintenance conditionnelle permettront d'éviter la panne.

La mise en place d'un programme de maintenance préventive, soigneusement étudié et conçu spécialement pour les problèmes spécifiques à chaque bien, demeure l'un des moyens les plus efficaces pour réduire les arrêts de production ou d'utilisation. Le programme préventif devra être appliqué dès la mise en route d'une machine équipement neuf.

# Les méthodes de maintenance

---

## **La maintenance préventive : Prévisionnelle**

La maintenance prévisionnelle est la maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution de paramètres significatifs de la dégradation du bien, permettant de retarder ou de planifier les interventions. Elle est parfois appelée improprement « maintenance prédictive ».

La maintenance prévisionnelle relève de l'analyse de l'évolution d'un ou de plusieurs paramètres d'exploitation représentatifs de la dégradation du bien.

# Les méthodes de maintenance

---

## La maintenance préventive : **Prévisionnelle**

- Un bien peut être soumis à un vieillissement accéléré à un moment quelconque de sa vie. La maintenance prévisionnelle permet d'estimer le temps avant d'atteindre un seuil rédhibitoire et ainsi de modifier échéancier d'intervention en évitant une défaillance du matériel.
- La valeur d'un paramètre peut atteindre un palier et se stabiliser à cette valeur, il n'y a aucune raison de procéder à une intervention préventive pour remédier à l'évolution du phénomène.

# Les méthodes de maintenance

---

La maintenance préventive : **Prévisionnelle**

*Opérations de maintenance prévisionnelle :*

- **Une définition des paramètres à surveiller.**
- **Une liste des capteurs.**
- **Une spécification technique des capteurs.**
- **Une définition des fréquences d'enregistrement des informations.**

# Les méthodes de maintenance

---

## La maintenance préventive : **Prévisionnelle**

### *Opérations de maintenance prévisionnelle :*

- **Un transfert des informations à un poste central.**
- **Un traitement des données pour les rendre exploitables : transcription sous forme de courbe ; émission de message d'alerte.**
- **Une analyse des courbes et une recherche de corrélation significative.**
- **Une demande d'investigation locale plus poussée, le cas échéant.**

# Les méthodes de maintenance

---

## **La maintenance corrective :**

La maintenance corrective est l'ensemble des activités réalisées après la défaillance du bien ou la dégradation de la fonction. Elle comprend en particulier :

- **La localisation de la défaillance et son diagnostic,**
- **La remise en état avec ou sans modification,**
- **Le contrôle du bon fonctionnement.**

# Les méthodes de maintenance

---

## **La maintenance corrective :**

La maintenance corrective se décompose en deux parties, selon le degré de remise en état après défaillance :

- **La maintenance palliative**
- **La maintenance curative**

# Les méthodes de maintenance

---

## La maintenance corrective : **Palliative**

La maintenance palliative comprend les activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie de la fonction requise. Elle est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives.

# Les méthodes de maintenance

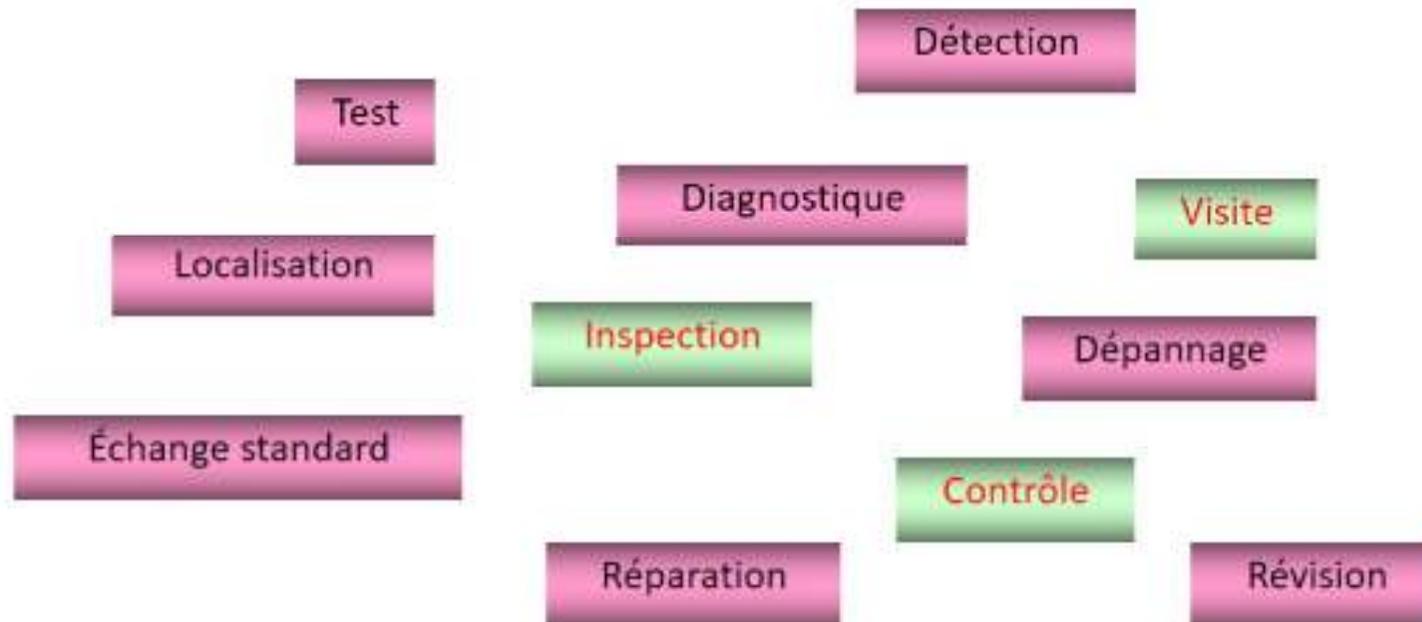
---

## **La maintenance corrective : Curative**

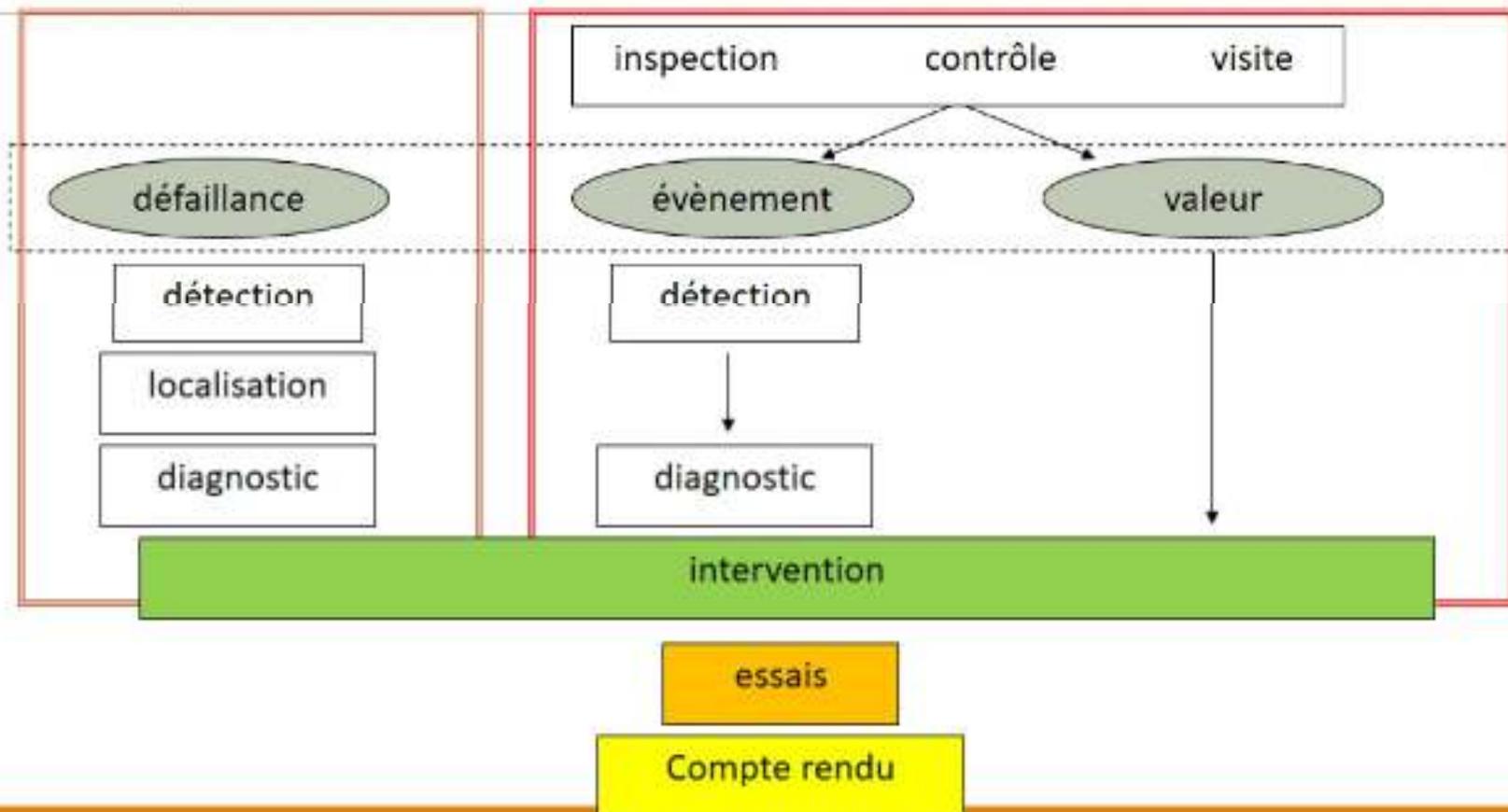
La maintenance curative est l'ensemble des activités de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Elle est constituée de réparations, de modifications ou d'améliorations ayant pour objet de supprimer la défaillance.

# Les opérations de la maintenance

---



# Les opérations de la maintenance



# Les niveaux de maintenance



# Les niveaux de maintenance

---

Les actions de maintenance sont caractérisées par la complexité des procédures ou la mise en œuvre des équipements de soutien nécessaires. Une classification par " niveaux de maintenance ", a été établie à titre indicatif pour servir de cadre à l' établissement des relations entre les métiers et les actions.

Les opérations à réaliser sont classées, selon leur complexité, en cinq niveaux. Les niveaux pris en considération sont ceux de la norme NF X 60-010.

Pour chaque niveau, la liste des opérations précisées est donnée à titre d'illustration.

# Les niveaux de maintenance

---

**La variété des travaux de maintenance s'ouvre sur un large éventail de complexité allant de l'action élémentaire simple jusqu'aux moyens lourds**

**Classification en 5 niveaux d'intervention et chaque niveau prend en compte :**

- ⇒ la compétence requise**
- ⇒ le lieu où l'intervention doit se dérouler**
- ⇒ les moyens matériels à mettre en œuvre**
- ⇒ la complexité des instructions nécessaires à l'exécution**
- ⇒ l'impact de l'intervention sur le stock de rechange**
- ⇒ l'importance des contrôles et des essais à faire, en cours ou en soin d'intervention**

# Les niveaux de maintenance

---

## **1<sup>er</sup> Niveau de maintenance**

Le premier niveau consiste en une action simple sur des éléments accessibles à l'aide d'équipements intégrés au bien. L'intervenant est un opérateur qui fait partie du personnel de l'industrie exploitant. L'intervention se situe en général au niveau de consommables : par exemple, l'opérateur réalise le plein d'huile dans un réservoir.

# Les niveaux de maintenance

---

## 1<sup>er</sup> Niveau de maintenance

Donc il s'agit essentiellement de contrôle et de relevés des paramètres de fonctionnement des machines :

- niveau d'huile moteur;
- niveau d'eau;
- indicateur de colmatage;
- niveau de la réserve de combustible;
- niveau de la réserve d'huile;
- régime du moteur;
- température de l'eau de refroidissement;

# Les niveaux de maintenance

---

## **1<sup>er</sup> Niveau de maintenance**

Donc il s'agit essentiellement de contrôle et de relevés des paramètres de fonctionnement des machines :

- température d'échappement;
- test des voyants et indicateurs;
- purge de circuit d'échappement;
- nettoyage des filtres;
- contrôle visuel de l'état des organes;
- contrôle auditif des bruits de marche.

# Les niveaux de maintenance

---

## **1<sup>er</sup> Niveau de maintenance**

Ces contrôles peuvent donner suite à des interventions simples de maintenance ne nécessitant pas de réalisation d'un diagnostic de panne et de démontage. Ils peuvent aussi déclencher, notamment sur des anomalies constatées, des opérations de maintenance de niveaux supérieurs.

# Les niveaux de maintenance

---

## 1<sup>er</sup> Niveau de maintenance

**En règle générale les interventions de 1<sup>er</sup> niveau sont intégrées à la conduite des machines.**

**C'est le plus souvent l'opérateur ou l'exploitant du bien qui effectue la maintenance de niveau 1**

**Il est en effet inutile d'appeler un technicien de maintenance pour effectuer ce travail**

# Les niveaux de maintenance

---

## **2<sup>ème</sup> Niveau de maintenance**

Le deuxième niveau repose sur une action relevant d'une procédure simple avec des équipements faciles à mettre en œuvre.

L'intervenant est un membre du personnel habilité. L'intervention se situe en général au contrôle de performances et au réglage d'appareil.

# Les niveaux de maintenance

---

## **2<sup>ème</sup> Niveau de maintenance**

**Une personne est habilitée lorsqu'elle a reçu une formation lui permettant de travailler en sécurité sur un bien présentant des risques potentiels et lorsqu'elle est désignée pour l'exécution des travaux qui lui sont confiés, compte tenu de ses connaissances et de ses aptitudes**

# Les niveaux de maintenance

---

## **2<sup>ème</sup> Niveau de maintenance**

Donc il s'agit des opérations de maintenance préventive qui sont régulièrement effectuées sur

- les équipements :
- remplacement des filtres à gazole;
  - remplacement des filtres à huile moteur;
  - remplacement des filtres à air;
  - prélèvement d'huile pour analyse et pré-analyse;
  - vidange de l'huile de moteur;
  - analyse de liquide de refroidissement;
  - contrôle des points signalés pour le 1er niveau;

# Les niveaux de maintenance

---

## **2<sup>ème</sup> Niveau de maintenance**

Donc il s'agit des opérations de maintenance préventive qui sont régulièrement effectuées sur les équipements :

- graissage de tous les points en fonction de la périodicité;
- contrôle des batteries.

Ces opérations sont réalisées par un technicien ayant une formation spécifique. Ce dernier suit les instructions de maintenance qui définissent les tâches, la manière et les outillages spéciaux. Les pièces de rechange sont essentiellement du type consommable, filtres, joints, huile, liquide de refroidissement.

# Les niveaux de maintenance

---

## **3<sup>ème</sup> Niveau de maintenance**

Le troisième niveau repose sur une action relevant d'une procédure complexe avec des équipements difficiles à mettre en œuvre.

L'intervenant est un technicien qualifié. L'intervention se situe en général au niveau d'un réalignement ou d'un remplacement délicat.

Donc il s'agit des opérations de maintenance préventive, curative, de réglages et de réparations mécaniques ou électriques mineurs.

# Les niveaux de maintenance

---

## **3<sup>ème</sup> Niveau de maintenance**

Les opérations réalisées peuvent nécessiter un diagnostic de panne :

- réglage des jeux de soupapes;
- réglage des injecteurs;
- contrôle endoscopique des cylindres;
- contrôle des sécurités du moteur ;
- contrôle et réglage des protections électriques;
- contrôle des refroidisseurs;
- contrôle du démarreur;

# Les niveaux de maintenance

---

## **3<sup>ème</sup> Niveau de maintenance**

Les opérations réalisées peuvent nécessiter un diagnostic de panne :

- remplacement d'un injecteur;
- contrôle et réglage de la carburation;
- contrôle et réglage de la régulation de puissance;
- contrôle et révision de la pompe;
- contrôle des turbocompresseurs;
- remplacement d'une résistance de chauffage;
- contrôle de l'embellage;

# Les niveaux de maintenance

---

## **3<sup>ème</sup> Niveau de maintenance**

Les opérations réalisées peuvent nécessiter un diagnostic de panne :

- contrôle de l'isolement électrique;
- remplacement des sondes et capteurs;
- remplacement d'une bobine de commande;
- remplacement d'un disjoncteur.

Ces opérations sont réalisées par un technicien spécialisé. Toutes les opérations se font avec l'aide d'instructions de maintenance et d'outils spécifiques tels que les appareils de mesure ou de calibrage. Ces opérations peuvent conduire à des opérations de 4<sup>ème</sup> niveau.

# Les niveaux de maintenance

---

## **4<sup>ème</sup> Niveau de maintenance**

Le quatrième niveau porte sur une action relevant d'une procédure impliquant la maîtrise d'une technologie particulière. L'intervenant est un technicien spécialisé. L'intervention se situe en général au niveau de travaux importants de maintenance (hors rénovation ou reconstruction) : par exemple, le technicien réalise un examen thermographique d'une armoire électrique au moyen d'une caméra infrarouge (IR).

# Les niveaux de maintenance

---

## **4<sup>ème</sup> Niveau de maintenance**

Donc il s'agit d'opérations importantes ou complexes à l'exception de la reconstruction de

l'équipement :

- déculassage (révision, rectification);
- révision de la cylindrée;
- contrôle d'alignement du moteur/alternateur;
- changement des pôles d'un disjoncteur HT.

Les opérations sont réalisées par des techniciens bénéficiant d'un encadrement technique très spécialisé, d'un outillage général complet et d'un outillage spécifique. Elles font aussi appel à des ateliers spécialisés (rectification, réusinage).

# Les niveaux de maintenance

---

## **5<sup>ème</sup> Niveau de maintenance**

Le cinquième niveau de maintenance repose sur une action relevant de procédure impliquant un savoir-faire et la maîtrise d'une technologie particulière. L'intervenant est un membre du personnel du constructeur. L'intervention se situe en général au niveau de travaux de rénovation ou de reconstruction, par exemple lors de la révision des 30 000 heures d'une turbine à gaz.

Donc il s'agit d'opérations lourdes de rénovation ou de reconstruction d'un équipement. Ces opérations entraînent le démontage de l'équipement et son transport dans un atelier spécialisé. Le 5<sup>e</sup> niveau de maintenance est réservé au constructeur ou reconstruteur. Il nécessite des moyens similaires à ceux utilisés en fabrication.

# Les niveaux de maintenance

---

## Pour fixer les idées...

niveau 1 : Complément de lubrifiant

niveau 2 : remplacement d'un filtre à air

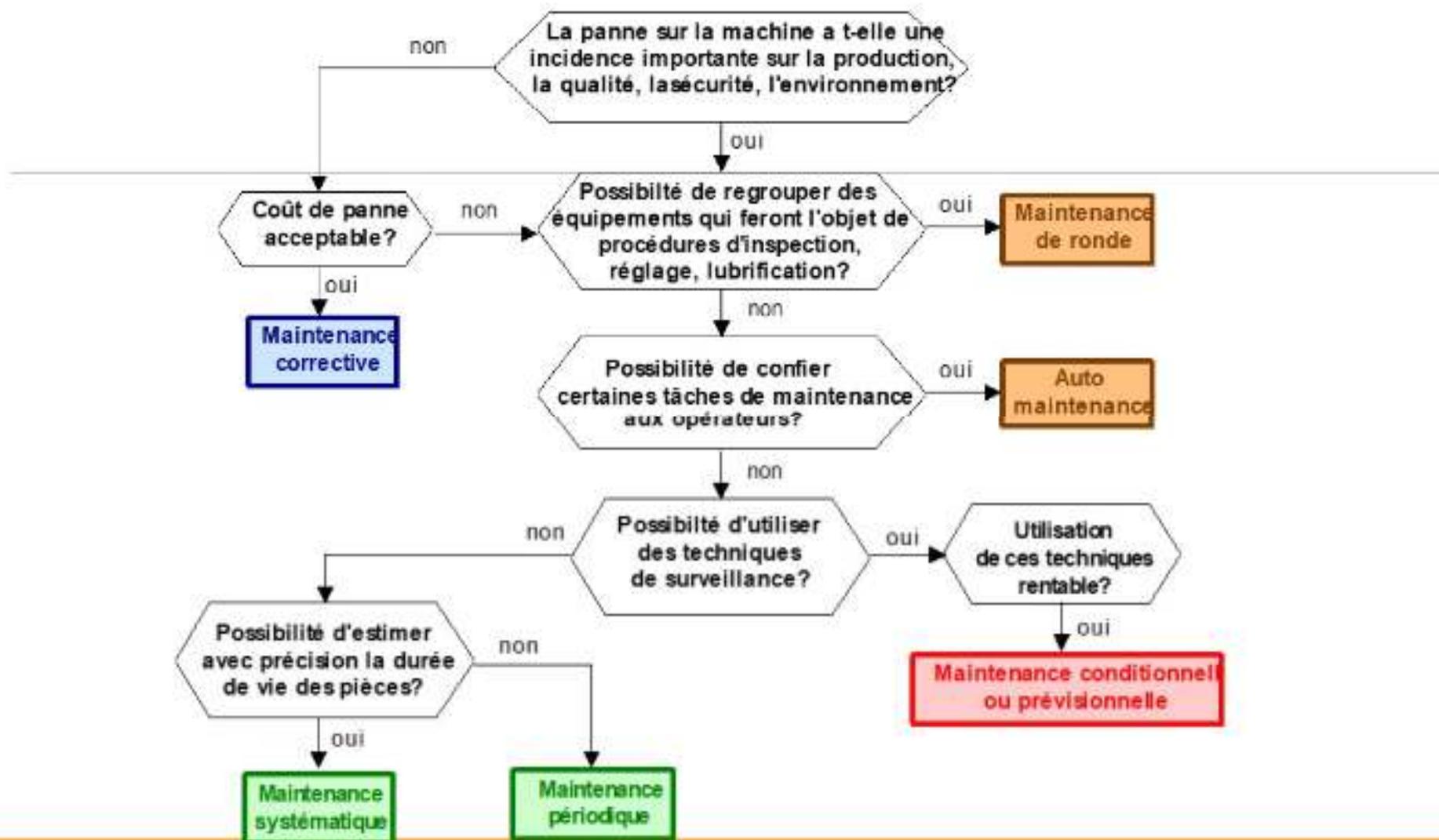
niveau 3 : interventions sur circuit électronique

Niveau 4 : maintenance d'un compresseur d'air

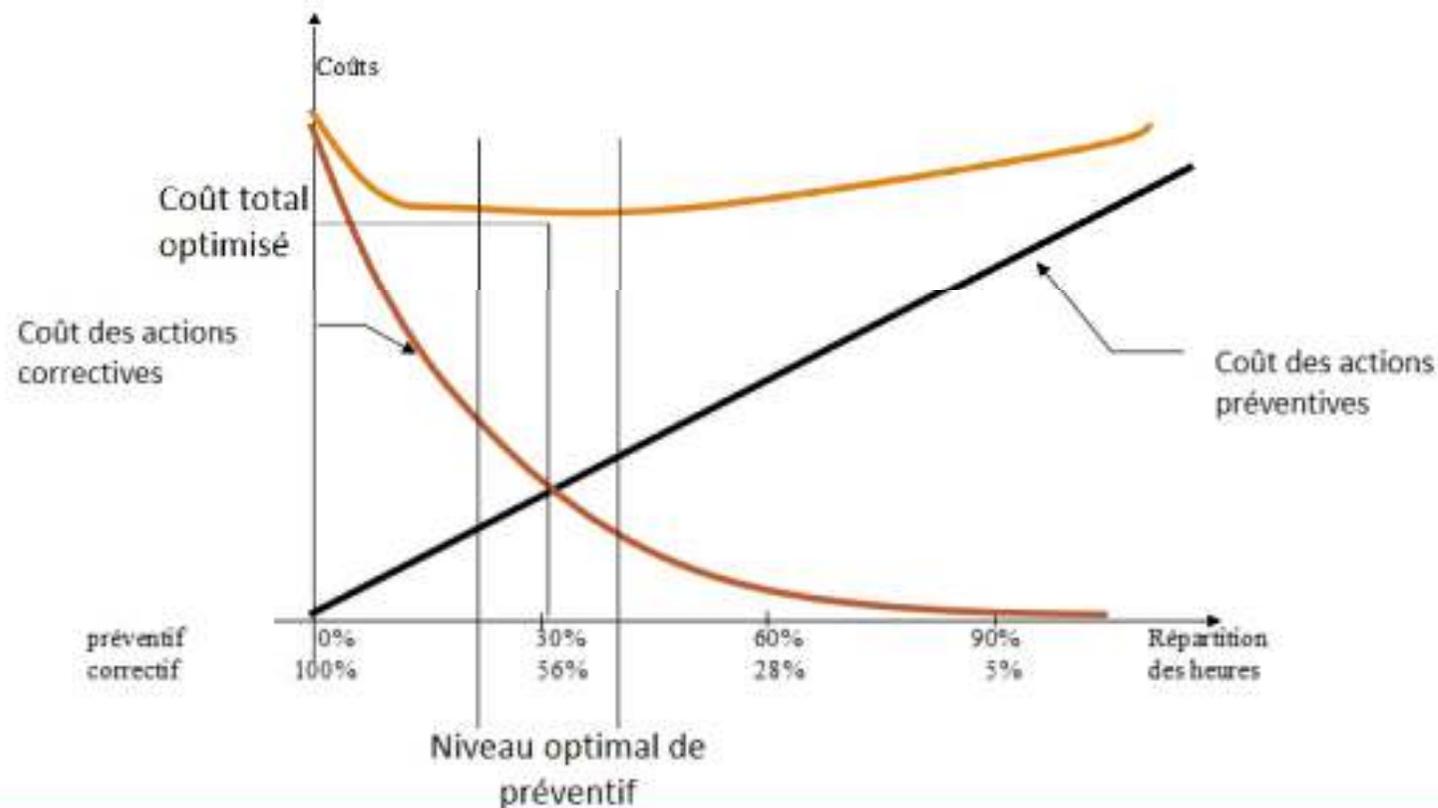
niveau 5 : réfection complète d'une machine-outil

# Maintenance préventive : Quand?

---

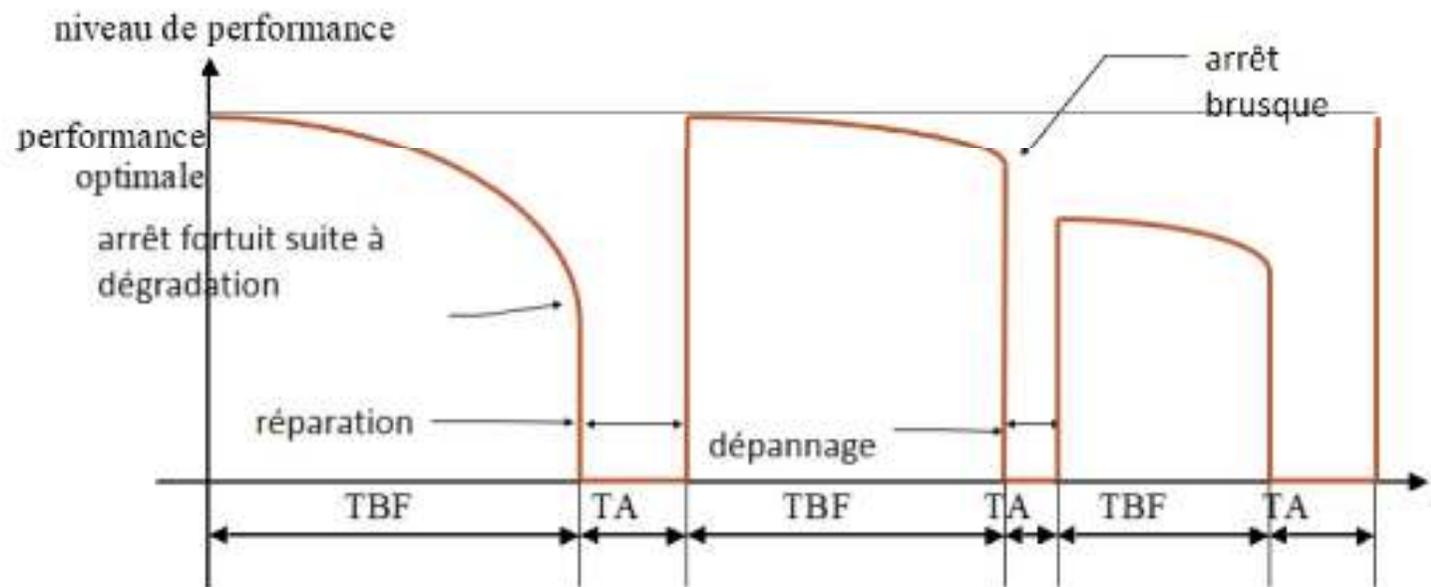


# Les méthodes de maintenance : Aspect économique



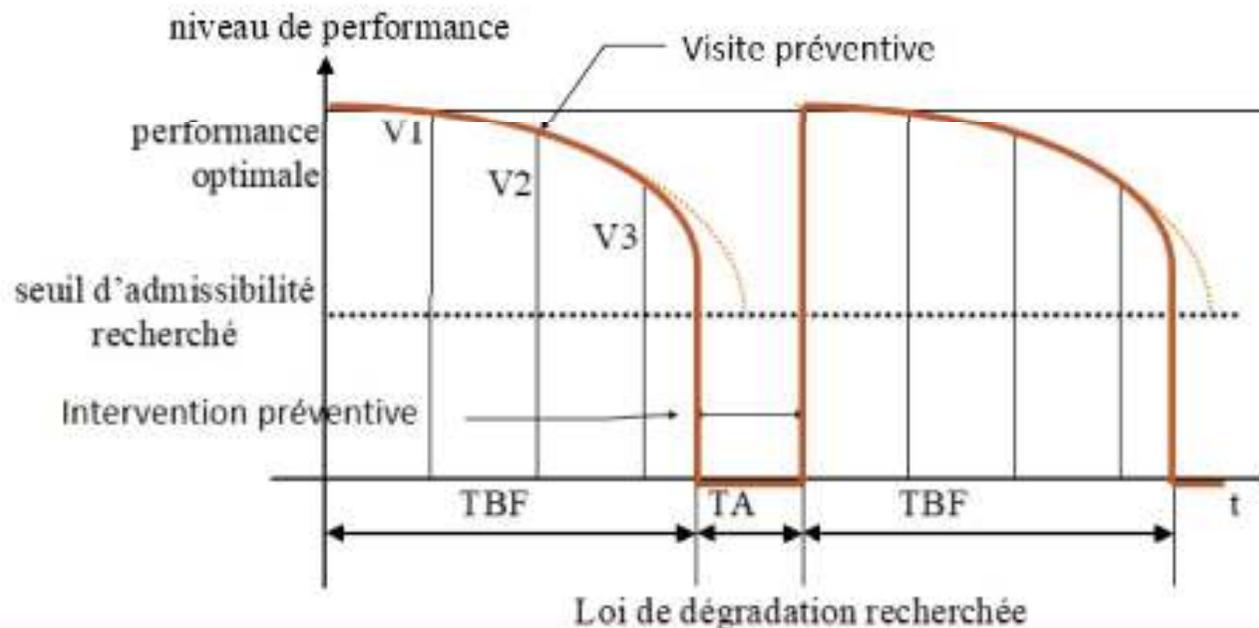
# Les méthodes de maintenance :

## Introduction à la maintenance corrective



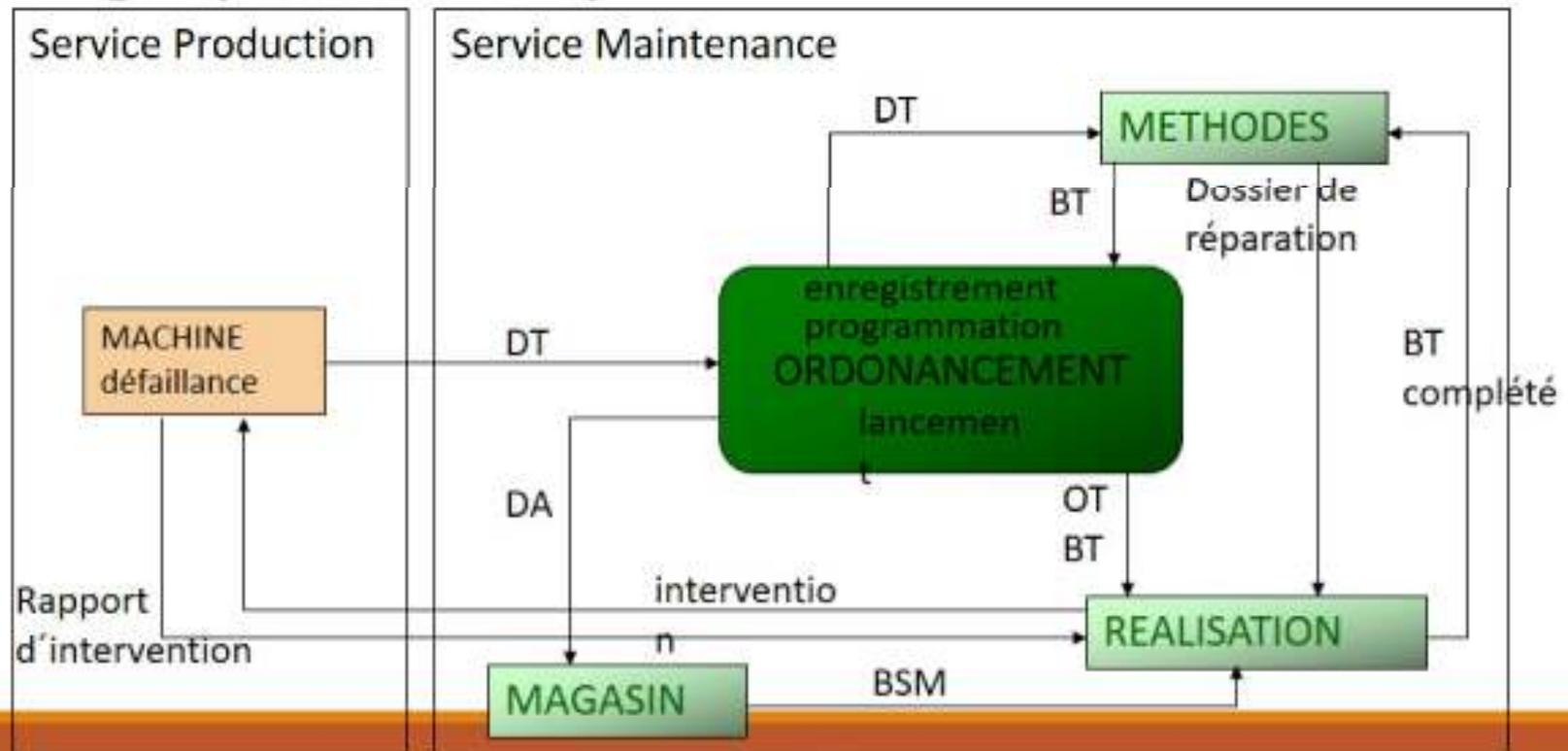
# Les méthodes de maintenance :

## Introduction à la maintenance préventive



# La gestion des interventions :

## Méthodologie : (Communication)



# La gestion des interventions :

---

## Notions de fiabilité, disponibilité et maintenabilité



# La gestion des interventions :

---

## Moyennes des temps

Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement (MTBF) :

$$\text{MTBF} = \frac{\sum_{i=0}^n \text{TBF}_i}{n}$$

# La gestion des interventions :

---

## Moyennes des temps

Moyenne des Temps Techniques de Réparation (MTTR) :

$$\text{MTTR} = \frac{\sum_{i=0}^n \text{TTR}_i}{n}$$

# La gestion des interventions :

---

## Moyennes des temps

Indicateur de Disponibilité (D) :

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$