

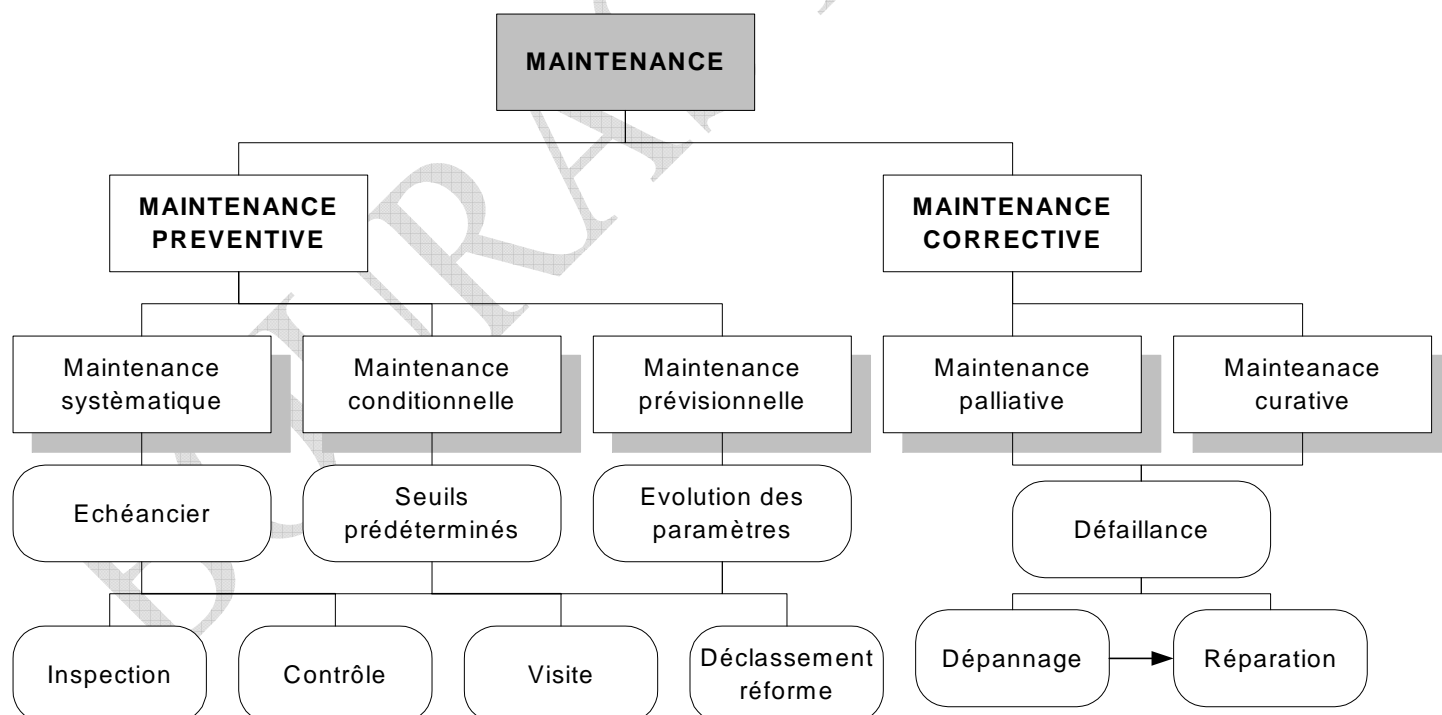
## I – EVOLUTION DE LA NORMALISATION :

Dans le cadre d'une réflexion européenne, les normes AFNOR sont en cours d'évolution. A ce jour, seule la norme NF X 60-010 rénovée a été publiée en décembre 1994. Elle concerne le vocabulaire de la maintenance. Cette norme nous intéresse directement puisqu'elle précise les termes employés en maintenance. Elle évitera à l'avenir l'utilisation de termes mal perçus et prêtant à confusion tels que « maintenance prédictive ».

### 11 – Le vocabulaire de la maintenance (NF X 60-010 / décembre 1994) :

- ⇒ **Maintenance** : ensemble des activités destinées à maintenir ou à rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise. Ces activités sont une combinaison d'activités techniques, administratives et de management.
- ⇒ **Maintenance préventive** : maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un service rendu. Les activités correspondantes sont déclenchées selon un échéancier établi à partir d'un nombre prédéterminé **d'unités d'usage (maintenance systématique)**, et/ou des critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou du service (**maintenance conditionnelle**).
- ⇒ **Maintenance prévisionnelle** : maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs de la dégradation du bien, permettant de retarder et de planifier les interventions.
- ⇒ **Maintenance corrective** : ensemble des activités réalisées après la défaillance d'un bien, ou la dégradation de sa fonction pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement : ces activités comportent notamment la localisation de la défaillance et son diagnostic, le remise en état avec ou sans modification, le contrôle du bon fonctionnement.
- ⇒ **Maintenance palliative** : activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelé couramment dépannage, cette maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives.
- ⇒ **Maintenance curative** : activités de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Les résultats des activités réalisées doivent présenter un caractère permanent. Ces activités peuvent être des réparations, des modifications ou aménagements ayant pour objet de supprimer le ou les défaillances.

### 12 – Types de maintenance :



## II – LES MAINTENANCES PREVENTIVES CONDITIONNELLE ET PREVISIONNELLE :

### 21 – Généralités :

Le principe commun à ces techniques réside dans le contrôle régulier de l'état mécanique, du rendement, et d'autres indicateurs des conditions de fonctionnement des machines et des processus, de façon à optimiser l'intervalle entre les interventions et à minimiser le risque d'indisponibilité. Ces techniques constituent un excellent moyen d'améliorer la productivité, la qualité du produit, la rentabilité et le rendement global des installations.

Elles ne se limitent pas au contrôle et au suivi des vibrations, à des images thermiques ou à des analyses de lubrifiants qui sont les méthodes et outils les plus courants : c'est toute une "philosophie", une attitude qui consiste à se concentrer sur les caractéristiques de fonctionnement et sur les performances globales d'une installation avec l'objectif d'augmenter sa sûreté de fonctionnement.

Un programme de maintenance préventive complet utilise une combinaison d'outils permettant de récolter un maximum d'informations sur l'état de santé des systèmes.

La maintenance préventive conditionnelle ou prévisionnelle ne se substitue pas à des méthodes de gestion plus traditionnelle, elle est en fait un enrichissement des programmes de maintenance et elle ne pourra en aucun cas supprimer totalement la maintenance corrective.

Dans un premier temps on peut même constater que la maintenance corrective ayant pour but l'amélioration de la disponibilité ou la remise en conformité des installations sera plus importante, car la maintenance conditionnelle ou prévisionnelle permet de signaler un fonctionnement incorrect dès sa mise en place.

Maintenance préventive conditionnelle	Maintenance préventive prévisionnelle
<b>DETECTION → DIAGNOSTIC → INTERVENTION</b>	<b>PREVISION → DIAGNOSTIC → INTERVENTION</b>
<p>La détection d'un dépassement d'un seuil d'alarme affecté à l'évolution du paramètre étudié déclenche le diagnostic des causes de la défaillance. Les conclusions de ce diagnostic permettent de définir l'intervention de maintenance.</p>	<p>La courbe d'évolution d'un défaut étant connue, il est possible d'en <b>extrapoler sa tendance pour prévoir la date de la défaillance</b>. A partir de cette prévision, il est planifié la date du diagnostic et du déclenchement de l'intervention de maintenance afin que cette dernière soit terminée avant que le niveau requis pour le paramètre étudié ne soit dépassé.</p>

### 22 – Critères de choix d'un type de maintenance :

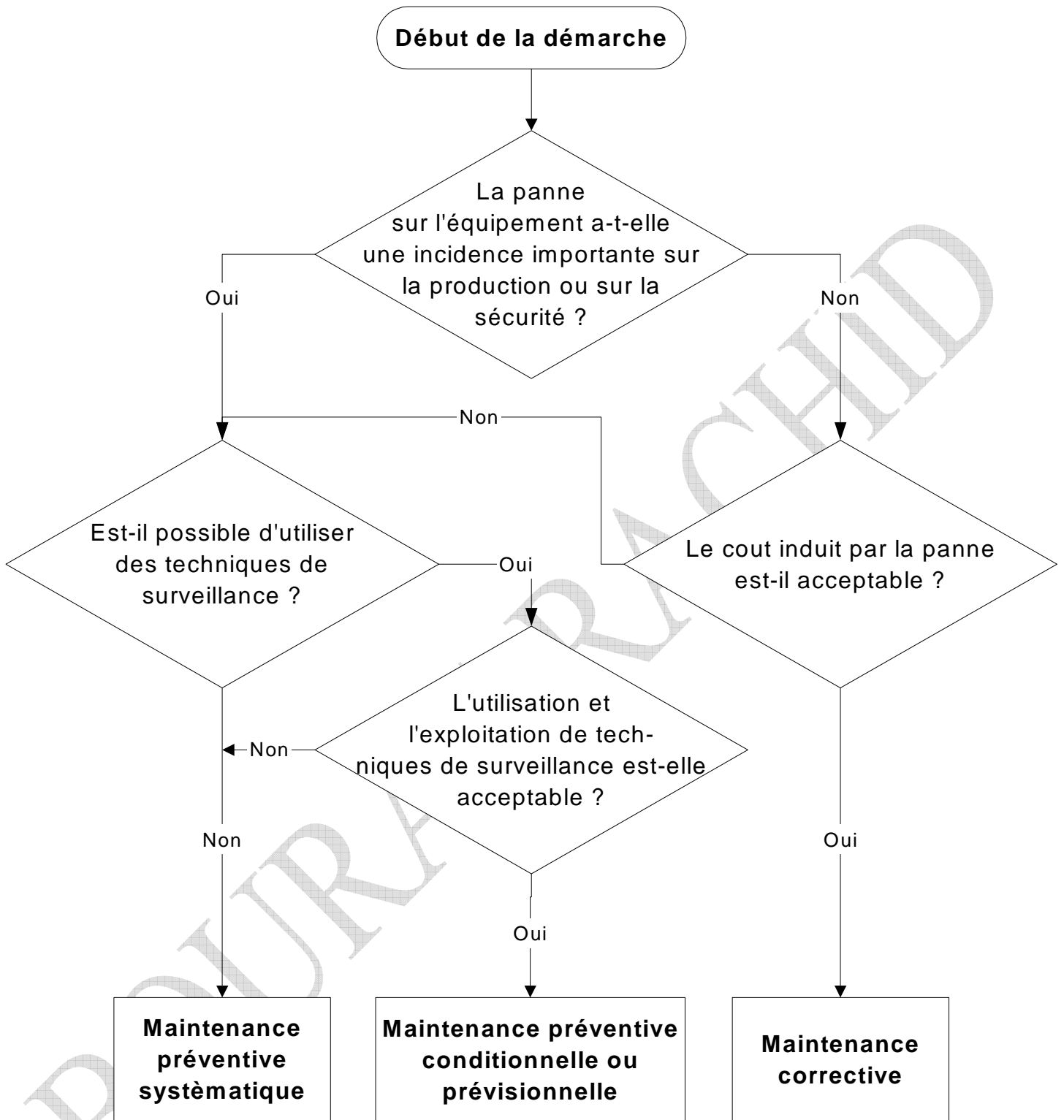
La mise en place d'une politique de maintenance conditionnelle / prévisionnelle nécessite une analyse rigoureuse du système de production, des modes de dégradation, des paramètres physiques pertinents, des moyens à mettre en oeuvre, des coûts induits, des objectifs en disponibilité et en gain économique, des qualifications du personnel, des réticences des personnels et des conséquences sur l'organisation générale du service

La stratégie de mise en oeuvre doit partir, si possible et s'ils existent, de l'analyse des historiques des machines et des AMDEC moyens de production.

**SELECTION DES  
DEFAILLANCES  
GRAVES ET  
DETECTABLES**

**UTILISATION OU DEFINITION  
DES MOYENS D'EVALUATION  
ET DE SURVEILLANCE DE  
L'ETAT ET DU COMPORTEMENT  
DU SYSTEME**

La démarche utilisée est celle du diagramme de la page suivante :



## 23 – Les méthodes et outils utilisés dans le cadre de ces maintenances :

- ⇒ **Les études des vibrations** : les vibrations peuvent être étudiées par plusieurs méthodes qui correspondent à des niveaux différents de connaissance des phénomènes et à l'utilisation et à la mise en oeuvre de matériels plus ou moins sophistiqués : mesure de la valeur globale, analyse spectrale, mesure et analyse par intervalle, mesure et analyse en continu.
- ⇒ **L'analyse des huiles** : ces analyses peuvent avoir deux buts : soit déterminer le moment adéquat du renouvellement de l'huile ou soit pour détecter les premiers symptômes de l'usure anormale des organes. Les principales techniques utilisées sont l'analyse physico-chimique (viscosité, teneur en eau, indice d'acidité), les méthodes de contrôle du taux de contamination (mesure de la pollution gravimétrique, de la dilution), la chromatographie, la photométrie, la spectrographie, la spectrométrie d'émission, les méthodes utilisées pour établir un diagnostic d'usure (spectrométrie d'émission, ferrographie).
- ⇒ **La thermographie.**
- ⇒ **Les examens visuels** : examen visuel direct, photographie et caméra rapide, endoscopie, stroboscopie.
- ⇒ **Les examens structurels** : ressuage, radiographie, gammagraphie, courants de Foucault, magnétoscopie, ultrasons, interférométrie holographique.
- ⇒ **Contrôle des rendements et des performances** : temps de cycle, vitesse, pression, puissance, etc.
- ⇒ **Emission acoustique** : mesures des bruits, détection des fuites.
- ⇒ **Analyse des effluents.**
- ⇒ **Les systèmes experts.**

## 24 – Avantages et limites :

### **Avantages :**

- ⇒ Une augmentation de la longévité du matériel.
- ⇒ Un contrôle du matériel plus efficace.
- ⇒ Un coût des réparations moins élevé.
- ⇒ Une amélioration de la productivité.
- ⇒ La diminution des stocks.
- ⇒ L'amélioration de la sécurité.
- ⇒ Une professionnalisation plus grande du service maintenance.
- ⇒ Rentre dans le cadre de la certification.

### **Inconvénients et limites :**

- ⇒ Un investissement matériel important avec un retour sur investissement long et hypothétique.
- ⇒ La mise en place d'une nouvelle organisation.
- ⇒ Ces méthodes ne s'appliquent pas à tous les systèmes.
- ⇒ Ne détecte pas tous les problèmes.
- ⇒ Une augmentation dans un premier temps du coût de fonctionnement du service maintenance.

## III – LA MAINTENANCE PREVENTIVE :

### 31 –Généralités :

**D'après l'Afnor (NF X 60-010), c'est une maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu.**

C'est donc une intervention de maintenance prévue, préparée et programmée avant la date probable d'apparition d'une défaillance.

- ⇒ **Remarque** : aussi poussé que soit le « *niveau de préventif* » mis en oeuvre, il subsistera inexorablement des **défaillances résiduelles** à caractère aléatoire ; donc une part non négligeable de « *correctif* » : 5% à 10%.

Les objectifs visés par la maintenance préventive sont les suivants :

- ⇒ Augmenter la fiabilité d'un équipement, donc réduire les défaillances en service : réduction des coûts de défaillance, amélioration de la disponibilité
- ⇒ Augmenter la durée de vie efficace d'un équipement
- ⇒ Améliorer l'ordonnancement des travaux, donc les relations avec la production
- ⇒ Réduire et régulariser la charge de travail
- ⇒ Faciliter la gestion des stocks (consommations prévues)
- ⇒ Assurer la sécurité (moins d'improvisations dangereuses)
- ⇒ Plus globalement, en réduisant la part « d'imprévu », améliorer le climat des relations humaines (une panne imprévue est toujours source de tension)

La mise en oeuvre d'une politique de maintenance préventive implique le développement d'un service « méthodes de maintenance » efficace. En effet, on ne peut faire de préventif sans un service méthodes qui va alourdir à court terme les coûts directs de maintenance, mais qui va permettre :

- ⇒ La gestion de la documentation technique, des dossiers machines, des historiques
- ⇒ Les analyses techniques du comportement du matériel
- ⇒ La préparation des interventions préventives
- ⇒ La concertation avec la production

### **32 – Les opérations de la maintenance préventive :**

Elles peuvent être regroupées en 3 familles : **les inspections, les contrôles, les visites**. Elles permettent de maîtriser l'évolution de l'état réel du matériel. Elles peuvent être effectuées de manière continue ou à des intervalles, prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage.

- ⇒ **L'inspection : activité de surveillance s'exerçant dans le cadre d'une mission définie.** Elle n'est pas obligatoirement limitée à la comparaison avec des données préétablies. Pour la maintenance, cette activité s'exerce notamment au moyen des rondes. Ex : inspection des extincteurs, écoute de bruits dans un compresseur. Les activités d'inspection sont en général exécutées **sans outillage spécifique** et ne nécessitent **pas d'arrêt de l'outil de production ou des équipements**.
- ⇒ **La visite : opération de maintenance préventive qui se traduit par un examen détaillé et prédéterminé de tout ou partie du bien.** Ex : visite périodique des ascenseurs, des équipements électriques et mécaniques d'un engin de levage. Ces activités peuvent entraîner des **démontages partiels** des éléments à visiter (et donc d'entraîner une **immobilisation du matériel**) ainsi que des opérations de maintenance corrective.
- ⇒ **Le contrôle : vérifications de conformité par rapport à des données préétablies, suivies d'un jugement.** Ex : contrôle du niveau d'isolement d'une installation BT, contrôle du jeu fonctionnel dans un mécanisme. Le contrôle peut comporter une **activité d'information**, inclure une **décision** (acceptation, rejet, ajournement), déboucher sur des **actions correctives**. La périodicité du contrôle peut être constante (durant la phase de fonctionnement normal du matériel) ou variable (et de plus en plus courte dès que le matériel rentre dans sa phase d'usure).

### **33 – Mise en place d'une maintenance préventive :**

Cf. organigramme page suivante.

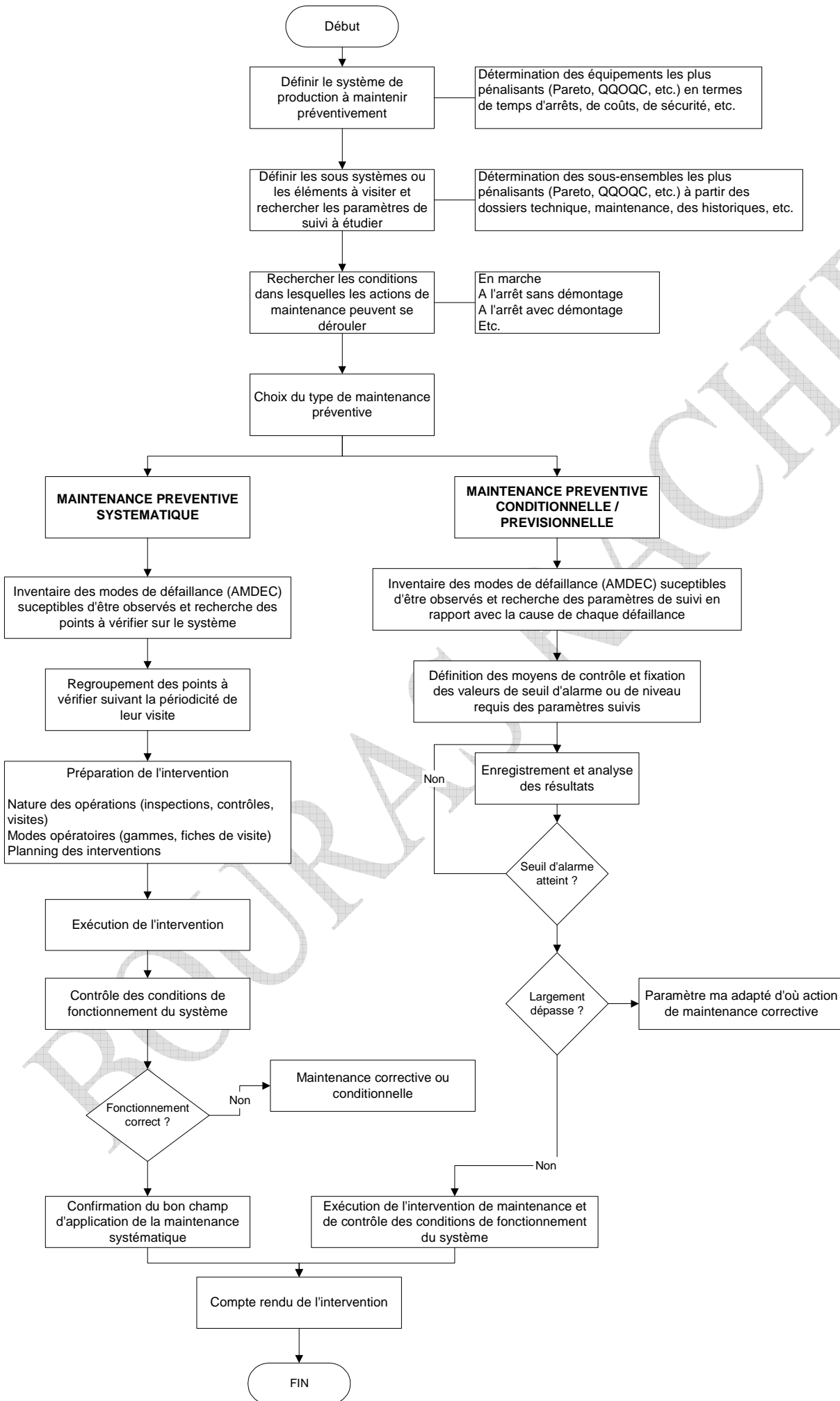
## **IV – LA MAINTENANCE PREVENTIVE SYSTEMATIQUE :**

### **41 –Généralités :**

**D'après l'Afnor (NF X 60-010), c'est une maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage.**

Le but est de maintenir le système dans l'état de ses performances initiales. Pour cela, il est procédé lors de ces interventions à différentes opérations qui peuvent être :

<i><b>Ensembles mécaniques</b></i>	<i><b>Ensembles électriques</b></i>
Remplacement : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ De l'huile des boîtes de vitesse, des réducteurs, etc.</li> <li>○ Des pièces d'usure, des plaquettes de freins, etc.</li> <li>○ Des roulements et paliers</li> <li>○ Des joints d'étanchéité</li> <li>○ Des ressorts</li> <li>○ Etc.</li> </ul> Réglages : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Des jeux et des glissières</li> <li>○ Des tensions de courroies</li> <li>○ Des pressions</li> <li>○ Etc.</li> </ul> Contrôles : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Des divers blocages</li> <li>○ Des niveaux d'huiles</li> <li>○ Etc.</li> </ul>	Remplacement : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Des contacts</li> <li>○ Des éléments soumis à fatigue thermique (résistances de chauffage)</li> <li>○ Des condensateurs</li> </ul> Réglages : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ De l'impédance des circuits ou des potentiomètres</li> </ul> Contrôle : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ De la valeur des résistances</li> <li>○ Des condensateurs</li> <li>○ Des divers points du circuit</li> </ul>



## 42 – Evaluation des temps :

Périodicité : selon inspection planifiée, lors d'une opération corrective, lors des périodes d'arrêt du matériel.

Durée des interventions : inspection (avec diagnostic), intervention (réglage ou remplacement), contrôle.

- $M_p$  : durée moyenne de l'intervention préventive
- $M_{pi}$  : durée de l'opération  $i$
- $n_{pi}$  : fréquence du type d'opération à prévoir
- $P_i$  : type d'opération  $i$  de maintenance préventive

$$M_p = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} n_{pi} \cdot M_{pi}}{\sum_{i=1}^{i=k} n_{pi}}$$

## 43 – Conditions de mise en place :

La mise en place d'actions préventives systématiques suppose une connaissance préalable du comportement du matériel dans le temps.

En effet, les interventions seront programmées suivant une **périodicité**, appelée **T**, obtenue à partir des préconisations du constructeur (1<sup>ère</sup> phase), puis des résultats opérationnels recueillis lors des visites préventives ou lors d'essais (2<sup>ème</sup> phase).

La connaissance des différentes périodes d'interventions systématiques permet d'établir un échéancier relatif à une machine ; échéancier qui s'exprime en temps absolu (ex : graissage une fois par jour, révision toutes les semaines, etc.) ou temps relatif (vidange tous les 15000 km, graissage toutes les 500 heures, etc.).

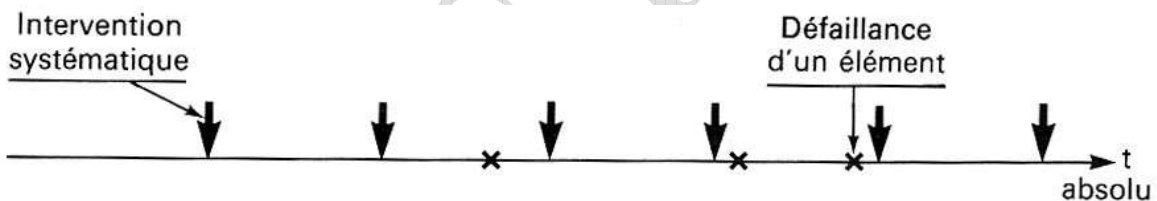
## 44 – Différentes formes de maintenance systématique :

Elle peut être **surveillée ou absolue** :

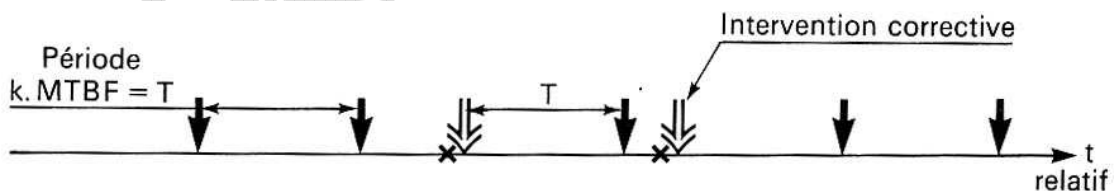
- Absolue : aucune inspection n'est faite entre 2 interventions programmées
- Surveillée : on programmera des « inspections périodiques » ayant pour objet le contrôle de l'écart entre l'état constaté et l'état estimé lors de la détermination de la MTBF.

Elle peut être à **gestion collective ou individuelle** :

- Gestion collective ou en bloc : correspond à la notion de système non réparable. En cas de défaillance d'un composant du sous-ensemble auquel on a affecté une période  $T = k.MTBF$ , aucune intervention n'a lieu avant l'échéance prédéterminée.



- Gestion individuelle : notion de système réparable. En cas de défaillance d'un constituant, une intervention corrective a lieu, à partir de laquelle démarre une nouvelle période préventive.

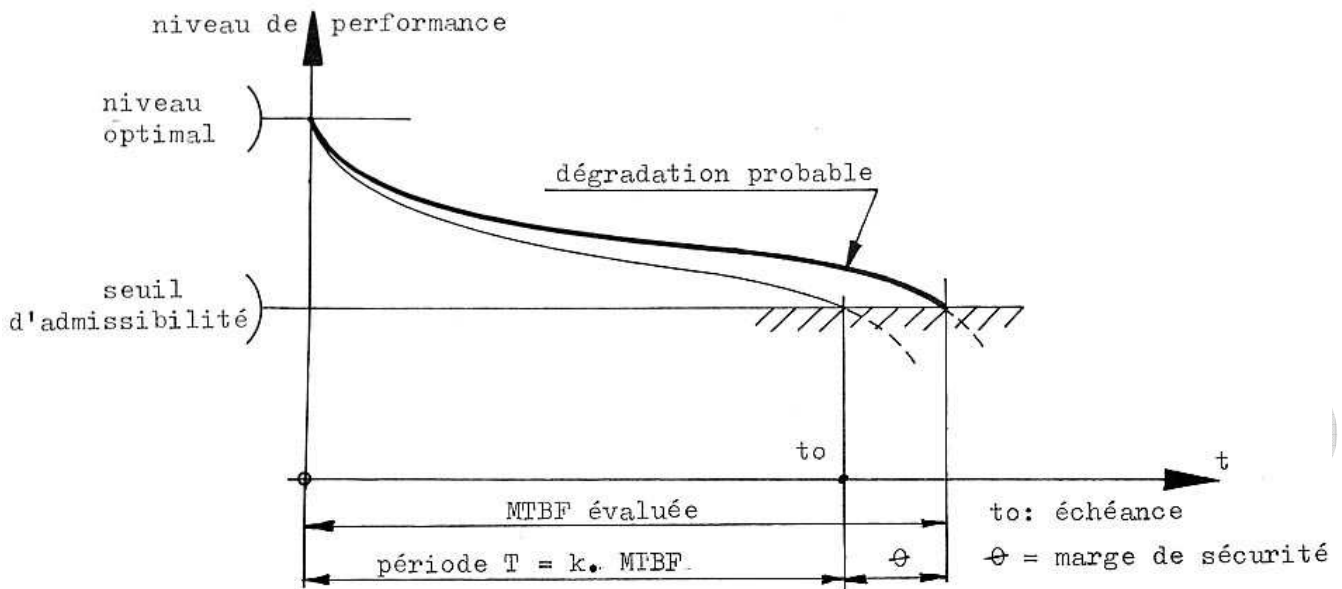


## 45 – Estimation de la période T d'intervention :

La période d'intervention  $T$  se détermine à partir :

- Des préconisations du constructeur dans un 1<sup>er</sup> temps
- De l'expérience acquise lors d'un fonctionnement correctif
- De l'exploitation fiabiliste réalisée à partir d'essais, d'historiques ou de résultats fournis par des visites préventives initiales ; les lois de Weibull et exponentielles permettent de déterminer la MTBF associée à un intervalle de confiance.
- D'une analyse prévisionnelle de fiabilité (quantification d'un arbre de défaillance)

Ex : détermination de  $T$  quand on connaît la loi de dégradation d'un équipement et le seuil admissible, limite du bon fonctionnement :



### Cas d'une loi de dégradation

k est souvent comprise entre 0,5 et 1. Plus on choisit k petit, moins il y a de correctif résiduel, donc de coût de défaillance. Par contre, on intervient plus souvent, donc on augmente les coûts directs (main d'œuvre, rechanges, etc.) et le gaspillage potentiel.

BOURAS RAO