

### III.1. Introduction

La maintenance industrielle, qui a pour vocation d'assurer le bon fonctionnement des outils de production, est une fonction stratégique dans les entreprises. Intimement liée à l'incessant développement technologique, à l'apparition de nouveaux modes de gestion, à la nécessité de réduire les coûts de production. Elle est en constante évolution et, n'a plus aujourd'hui comme seul objectif de réparer l'outil de travail, mais aussi, de prévoir et éviter les dysfonctionnements. Ainsi la recherche des performances des systèmes de production devenus complexes mène la fonction maintenance à être responsable de la garantie de la disponibilité de tels système. Cette garantie doit être assurée dans des conditions financières optimales. En effet la concurrence est devenue de plus en plus rude voire farouche, toutes les entreprises sont tenues à appliquer la maintenance grâce aux objectifs qu'elle présente :

- ✓ Assurer la production prévue ;
- ✓ Maintenir le niveau de la qualité du produit fabriqué ;
- ✓ Respecter les délais ;
- ✓ Respecter les objectifs humains : conditions de travail et de sécurité ;
- ✓ Préserver l'environnement.

Dans ce contexte, l'élaboration d'un plan de maintenance s'impose pour atteindre les objectifs prescrits avec des coûts optimaux. Cette politique de maintenance exige la maîtrise et l'optimisation des processus et des activités de production.

Le département de maintenance au niveau de la RTO na pas bien compris cette politique. En effet, avant de proposer l'élaboration d'un plan de maintenance, il a été question de faire une mise à jour des fiches techniques de chaque machine. Comme l'outil de production comporte plusieurs processus et activités, on ne peut pas leurs réserver tous la même attention. Il convient donc d'identifier ceux qui sont critique sur lesquels il faut agir en priorité. C'est ainsi que cette priorité a été réservée aux équipements à savoir : le système de production et de conditionnement.

## III.2. Fonction maintenance

### III.2.1. Définitions

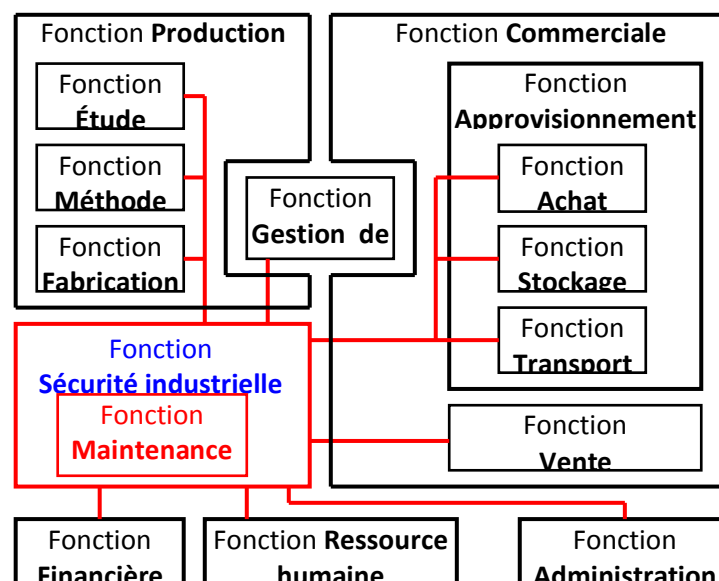
**1°. Définition 1 (selon AFNOR) :** "Ensemble des actions permettant de **maintenir** ou de **rétablir** un bien dans un état spécifié, ou dans un état où il est en mesure d'assurer un service déterminé"(NF X60-010). Tel que :

- ✓ L'action de **MAINTENIR** induit la notion de **prévention** sur un système en fonctionnement.
- ✓ L'action de **RETABLIR** induit la notion de **correction** consécutive à une perte de fonction

**2°. Définition 2 (Selon NF EN 13306/2001) :** "La maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à la maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise."

### III.2.2. Mise en situation dans l'entreprise

Dans une entreprise industrielle, la fonction maintenance est généralement une sous-fonction de la fonction sécurité industrielle. Elle possède des interfaces de liaison avec toutes les autres fonctions qui composent l'entreprise (Fig. 6).



**Figure 6 :** Mise en situation du service maintenance dans l'entreprise industrielle.

### III.3. Finalités de la fonction maintenance

Au niveau d'une entreprise industrielle, la fonction maintenance doit être capable de :

1. *Assurer la rentabilité des équipements* en tenant compte de la politique définie par l'entreprise.
2. Procéder à des *études préalables* afin de permettre la *réduction des coûts et des interventions*.
3. Préparer *le travail*,
4. Etudier les conditions de fonctionnement, *les défaillances possibles* et les *conditions d'intervention*.

Ces finalités sont précisées par des objectifs que la maintenance réalise à travers son organisation, sa gestion et ses interventions, sont très nombreux.

Ils peuvent toutefois être groupés en deux :

#### a) *Des objectifs opérationnels*

1. Maintenir l'équipement dans les meilleures conditions et dans un état acceptable.
2. Assurer la disponibilité maximale de l'outil de production à un prix raisonnable.
3. Fournir un service qui élimine les pannes à tout moment.
4. Augmenter à la limite la durée de vie de l'outil de production.
5. Entretenir le matériel avec le maximum d'économie et le remplacer à des périodes prédéterminés.
6. Assurer une performance de haute qualité.
7. Assurer un fonctionnement sûr et efficace à tout moment.
8. Obtenir un rendement maximum.
9. Maintenir le matériel en propreté absolue à tout moment.
10. *Préserver l'environnement*

#### b) *Des objectifs de coût*

1. Réduire au maximum les dépenses de la maintenance et maximiser les bénéfices.
2. Assurer le service maintenance dans les limites du budget.

3. Avoir des dépenses de maintenance portant sur le service exigé par les installations et L'appareillage en fonction de son âge et du taux d'utilisation.
4. Mettre à la disposition du responsable de la maintenance une certaine quantité de dépenses imprévues en outillage et en frais divers.

#### **III.4. OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE DANS L'ENTREPRISE :**

Dépanner, réparer au moindre coût, arrêter les machines le moins longtemps possible Étaient les consignes données au chef de la maintenance. L'intégration du département maintenance dans L'entreprise s'arrêtait à la marche des machines. Mais on ne fait pas un programme de Fabrication valable sans tenir compte des possibilités des matériels. Il faut que la maintenance Participe aux définitions des programmes.

Dans ces conditions, les objectifs à demander à un Service maintenance sont :

##### ***1. Assurer la production prévue***

Les programmes et les quantités à fabriquer seront étudiés conjointement par la GIN (gestion industriel) et la maintenance en conciliant au mieux les tendances du producteur et les arrêts nécessaires à l'entretien. Les temps de marche et arrêt feront l'objet d'un même document. On tiendra compte de la disponibilité programmée, donc prévue, et de la sécurité de fonctionnement, donc imprévue mais évaluée, pour chiffrer la totalité des arrêts. Pour les périodes de marche, la production doit pouvoir compter sur une marche à 100 % des capacités du matériel.

##### ***2. Maintenir la qualité du produit fabriqué***

Première, mode La qualité dépend du fabricant et du mainteneur ; il appartiendra donc de fixer les responsabilités de chacun : erreur de conduite ou déficience de la machine, matière première défectueuse ou mauvais réglage du matériel, etc. Il est indispensable, de fixer le minimum nécessaire et de réunir les moyens (état de la machine, qualité de la matière opératoire, etc.). En particulier, après toute intervention d'entretien sérieuse, la réception de la machine sera faite par les deux responsables : maintenance et fabrication

### **3. Respecter les délais prévus :**

Il s'agit à la fois des délais de fabrication des produits et des délais des interventions de la maintenance. Les programmes et les calendriers ont été faits en collaboration (fabrication et maintenance), il incombe à la maintenance qu'ils soient respectés. Cette double responsabilité n'exige que la maintenance :

- a) Connaisse exactement l'état de chaque matériel et puisse garantir son fonctionnement pendant les périodes prévues (sauf accident).
- b) Prépare et ordonnance les travaux à entreprendre avec suffisamment de précision pour s'engager sur leurs durées. Du côté de la fabrication, on respectera également les prévisions, on s'abstiendra de toute modification de dernière heure sans motif grave et on acceptera les visites et expertises nécessaires demandées par la maintenance.

### **4. Rechercher les coûts optimaux**

Les trois objectifs précédents n'exigent pas seulement une compétence technique. La direction maintenance doit être capable d'établir des devis précis avant exécution comme une entreprise extérieure. Il doit être compétitif à qualité et délais identiques. De plus, l'optimum recherché tiendra compte des pertes de production dues à un entretien défaillant. La maintenance ne peut avoir un objectif différent de ceux de l'entreprise à laquelle elle appartient. La saine gestion exige que le coût global du produit fabriqué soit optimum. Ce coût comprendra les dépenses fixes et variables de fabrication, les dépenses de maintenance et les pertes ou manques à gagner dus aux arrêts fortuits. Dans certains cas, la maintenance aura à présenter plusieurs solutions chiffrées pour atteindre cet optimum

### **5. Objectifs d'aspect humain :**

Les conditions de travail et la sécurité ne peuvent être ignorées. La maintenance doit se préoccuper des accidents possibles dans son personnel et de ceux occasionnés aux autres par sa présence. Toute préparation de travail débutera par la rédaction de consignes (travaux électriques, travaux au feu, risques de chutes, intoxication, contamination, explosion, etc.) et se terminera par une remise en état définitive (protections, consignes, etc.). Comme un

membre de maintenance fait partie du comité Hygiène et Sécurité, il lui appartient d'étudier toute modification, protection à effectuer sur les matériels pour éliminer les risques d'accidents

#### **6. Préserver l'environnement :**

La direction maintenance incombe la lutte contre les nuisances et, pour une part, les conditions de travail du personnel de fabrication. Il n'est pas rare de voir négliger les matériels non productifs mais nécessaires comme les dépoussiéreurs, aspirateurs, échappements de gaz. Certaines de ces négligences concernent aussi des pertes, c'est pourquoi le problème des économies d'énergie est venu s'ajouter aux objectifs de la maintenance.

Tout cet ensemble doit faire l'objet d'un programme d'entretien avec surveillance périodique, et remise en état en temps voulu.

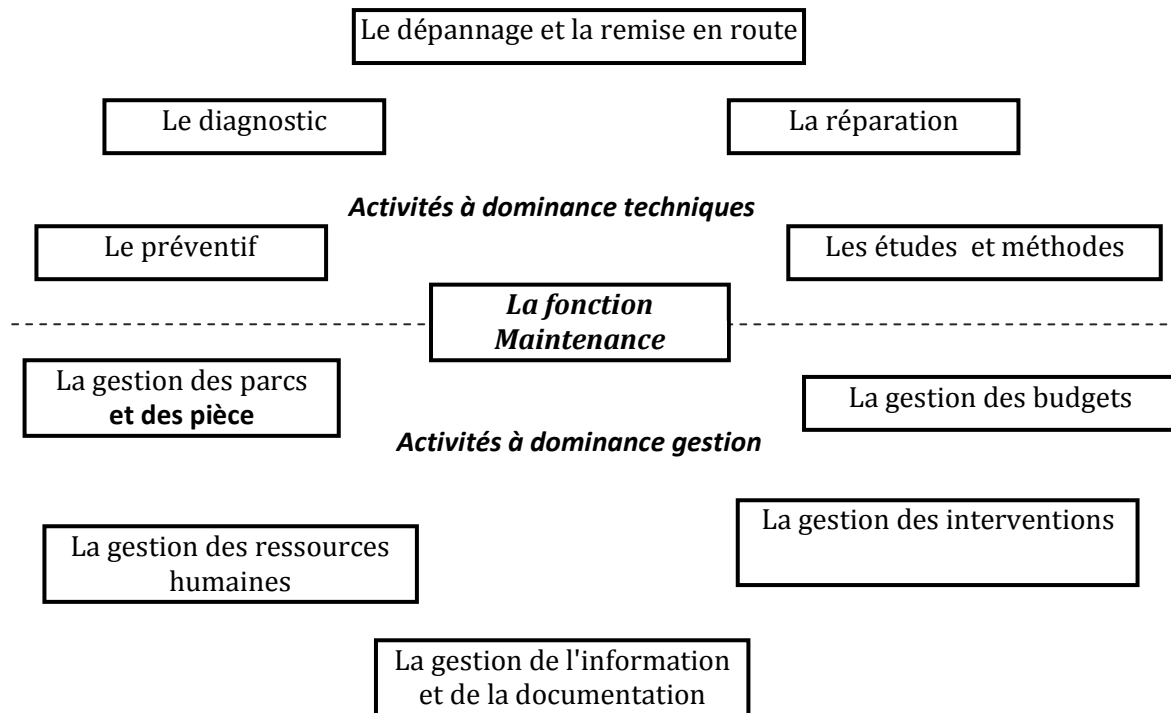
Ajoutons que la maintenance des bâtiments et de tout le génie civil fait partie également de cet objectif si l'on veut mettre le personnel et le matériel dans les meilleures conditions de production. A ces objectifs, ajoutons que la maintenance :

- Doit être un conseiller près de la direction pour le renouvellement du matériel. Ceci découle de la connaissance des coûts et des pertes de production qui croissent rapidement sur un matériel usé.
- Doit améliorer les matériels dans le double but de faciliter son entretien futur et de répondre aux demandes de la production.
- Doit participé aux aménagements nouveaux pour être capable d'en assurer leur entretien.

### **III.5. Moyens mis en œuvre**

La fonction maintenance, se présente comme un ensemble d'activités regroupées en deux sous-ensembles, figure (7) :

1. Activités à dominante technique,
2. Activités à dominante gestion.



**Figure 7 :** Activités de la fonction maintenance [5].

Pour mener à bien ces activités, la direction maintenance a besoin d'être dotée de moyens humains et de moyens matériels adaptés qualitativement et quantitativement aux tâches qui lui sont confiées.

### III.5.1. Moyens humains

Ils concernent toutes les qualifications professionnelles des manœuvres aux cadres supérieurs choisis et dotés, pour satisfaire le plus souvent aux exigences suivantes :

1. Encadrement ;
2. Technique ou méthodes (niveau souvent élevé);
3. Programmation ;
4. Réalisation (fréquemment de niveau élevé).

L'homme de maintenance peut être soit:

1. Spécialisé dans une gamme de matériel

2. *Spécialisé dans une technique (électricien, mécanicien, automaticien);*
3. *Polyvalent (s'il travaille pour tout un atelier de production);*

Ils sont habituellement désignés comme faisant partie d'une des 4 catégories suivantes:

1. *Responsable de maintenance;*
2. *Technicien de maintenance;*
3. *Agent de maîtrise en maintenance;*
4. *Agent de maintenance*

### **2.5.2. Moyens matériels**

Les équipements, matériels et outillage nécessaire à l'entretien sont subdivisés en :

#### ***1°. Matériel nécessaire :***

1. outillage d'intervention :
2. outillage individuel ;
3. outillage collectif ;
4. outillage spécial ;
5. moyen de manutention et démontage : *ponts ; chariots ; crics ;*
6. moyens de déplacement : *camions ; camionnettes ; voitures ; motocyclettes ; bicyclettes.*
7. moyens de stockage : *magasins centraux ; magasins locaux*

#### ***2°. Matériel à nécessité spécifique :***

1. *matériel d'usinage : établi ; machines-outils ; postes de soudage ;*
2. *locaux et travail : atelier d'usinage ; atelier de réparation ;-hall d'usinage et fabrication des sous-ensembles ; atelier outil gabarit ; halls de montages*

## **III.6. GESTION DES INTERVENTIONS**

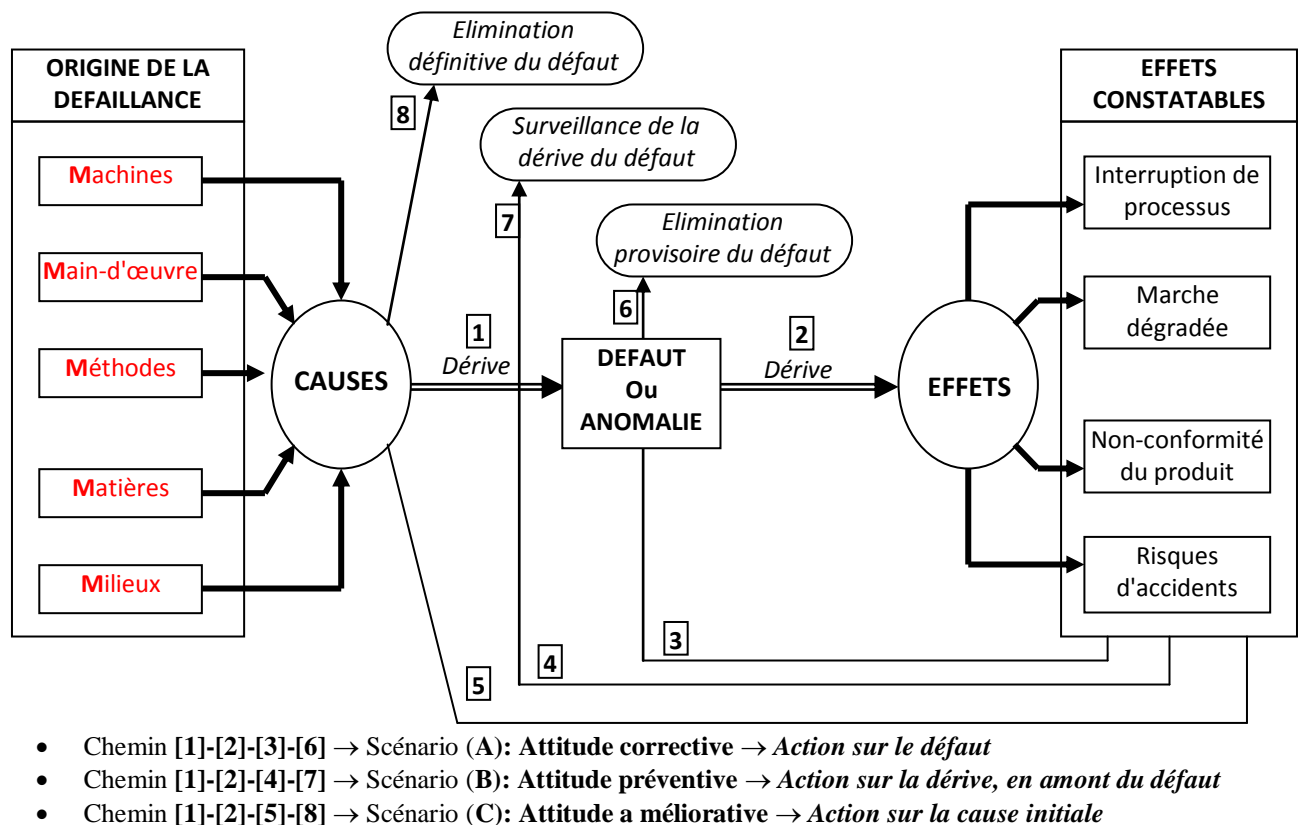
### **III.6.1. Scenarios de la maintenance (norme afnor x 60 011)**

#### **III.6.1.1. Attitude corrective**



La maintenance corrective (ou curative) correspond à une attitude passive d'attente de **la panne** ou de **l'incident**. Elle n'est entreprise qu'après constat d'un état de panne. La réaction consiste alors à éliminer **le défaut**, grâce à un **dépannage** ou une **réparation**. C'est donc l'improvisation avec toutes les conséquences qui en résultent (pertes de temps, arrêts prolongés des machines, absences de schémas de dépannage), elle est appelée aussi maintenance de catastrophe. C'est la politique d'entretien la plus coûteuse vue sous l'aspect coûts directs et coûts indirects.

L'opération de maintenance corrective n'a pas de condition d'applications particulières.



**Figure 8 :** Différentes attitudes de la fonction maintenance.

### III.6.1.2. Attitude préventive

La maintenance préventive correspond à la volonté de **prévoir la dégradation** du bien (matériel ou équipement), afin d'éviter d'être pris au dépourvu par la défaillance. Dans ce type de maintenance, on n'attend pas que le matériel ou l'équipement tombe en panne. Elle est

effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de **défaillance** d'un bien ou d'une dégradation d'un service rendu. Elle consiste à :

- Procéder à des **visites** systématiques en cours de marche ou à l'arrêt pour suivre les usures des pièces. Ces visites sont à caractère périodiques et déterminées d'avance;
- faire des **contrôles** en cours de marche ou à l'arrêt;
- opérer à des réglages et resserrage et changer éventuellement des pièces défectueuses.

Il existe alors deux solutions :

- Solution 1** : Le changement ou la *réparation systématique* d'organes : c'est la *maintenance systématique* qui consiste à bien connaître les processus de dégradation.
- Solution 2** : Le changement ou la réparation des organes en fonction de leur *état de dégradation* : c'est la *maintenance conditionnelle* qui impose une surveillance de la progression du défaut ;

1. Les vibrations,
2. Niveaux d'eau et d'huile d'étanchéité,
3. La variation de la pression,
4. La variation de la température.

- Solution 3** : L'élimination définitivement des défaillances. C'est la *maintenance améliorative*. Elle nécessite une réflexion pour :

- *Déterminer les causes réelles du problème*
- *Envisager les remèdes adaptés à leur suppression.*

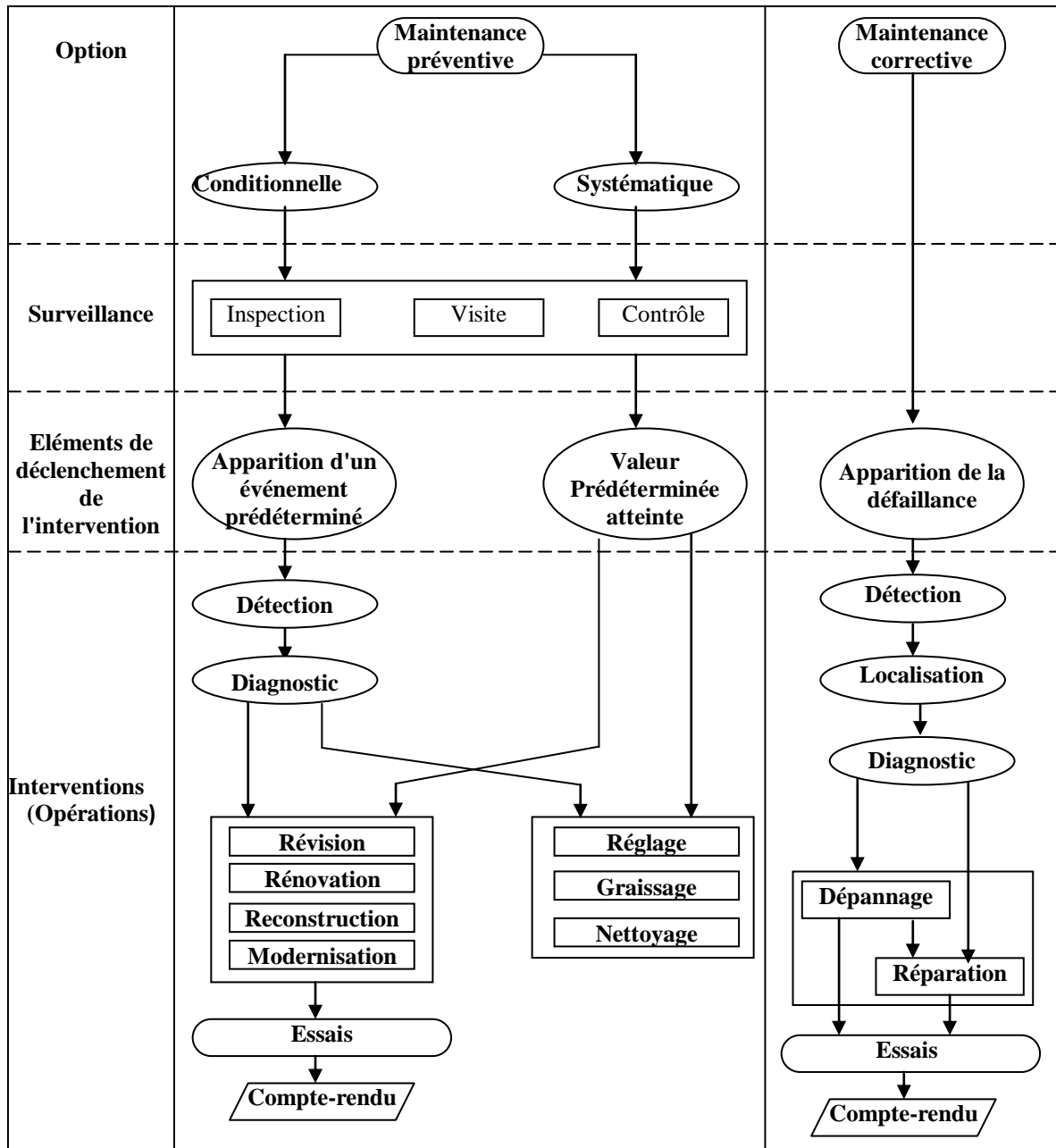
### III.6.1.3. Attitude d'amélioration

C'est une activité d'amélioration ou de modernisation de l'aptitude à l'emploi d'un bien par des perfectionnements techniques n'existant pas sur le bien d'origine. Elle concerne le remplacement d'équipements, d'accessoires, d'appareils et composants âgés ou à leurs adjoindre des composants ou des logiciels d'une génération nouvelle. L'opération de modernisation peut aussi être exécutée dans le cas d'une rénovation ou d'une reconstruction.

**III.6.2. Les options de la maintenances :**

Les options susceptibles d’être mises en œuvre par le service maintenance relèvent de deux concepts principaux :

1. *La maintenance corrective.*
2. *La maintenance préventive.*

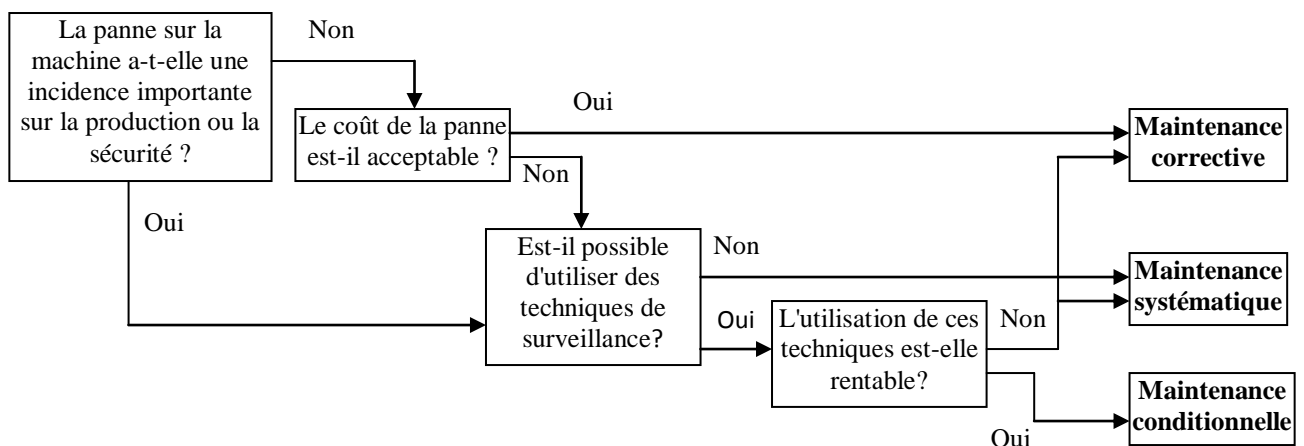


**Figure 9 :** Les options de maintenance.

### III.6.3. Decisions d'application d'un type de maintenance

Le choix entre les opérations de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique de la maintenance, pour choisir la politique de maintenance il faut connaître le fonctionnement et les caractéristiques des matériels, le comportement du matériel en exploitation, les conditions d'application de chaque méthode, les coûts de maintenance et les coûts de perte de production.

Concernant le choix de l'application de l'un des concept ou scénario de maintenance industrielle, la prise de décision est fonction de certaines questions devant être posées et qui sont en relation avec: *L'incidence de défaillance* sur le système de production ; *le coût de la panne*; la possibilité d'utilisation des *technique de surveillance*; la *rentabilité* des ces techniques de surveillance. Les figures 2.5 et 2.6 donnent le choix du concept de maintenance.



**Figure 10 :** Logigramme de décision en fonction du coût.

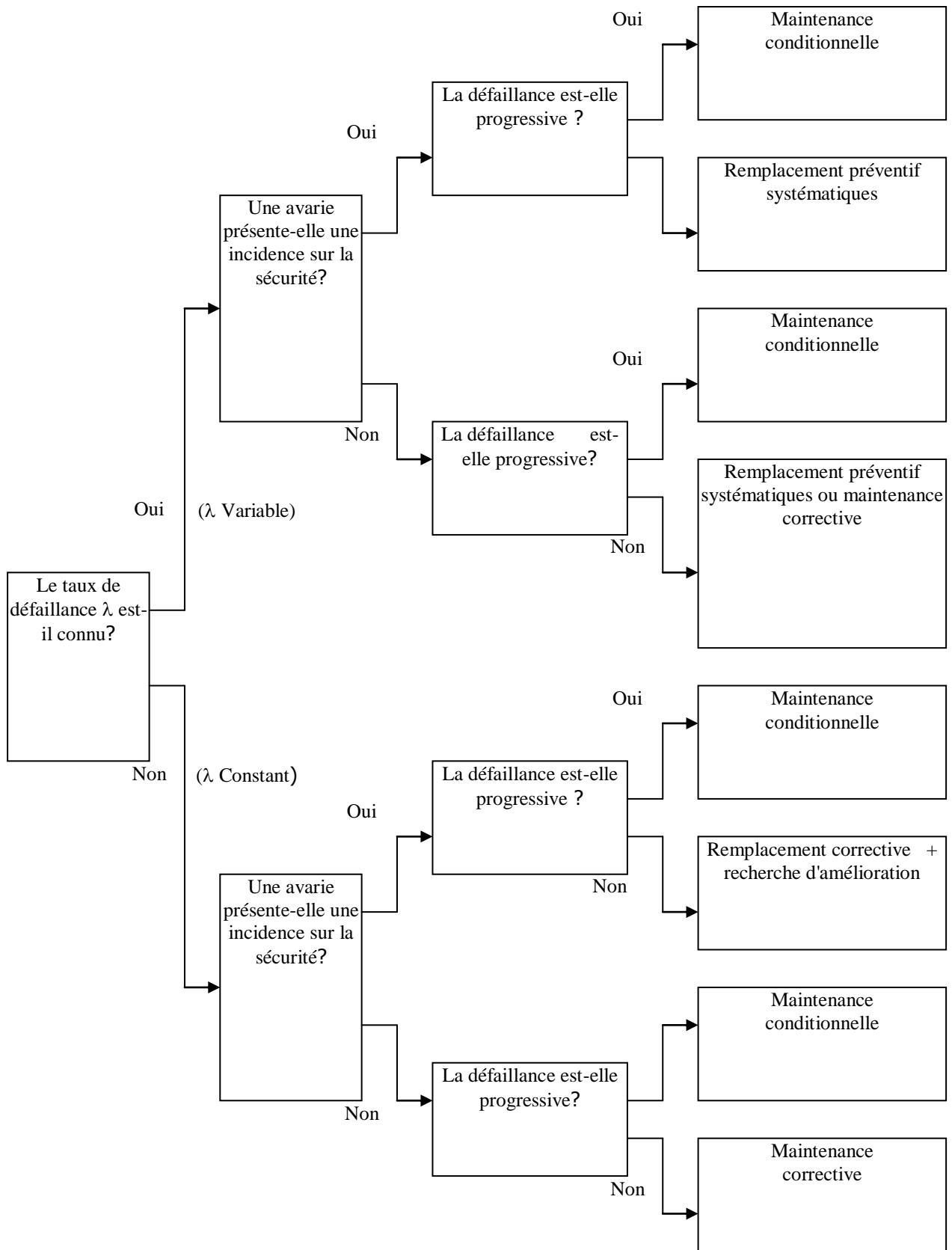
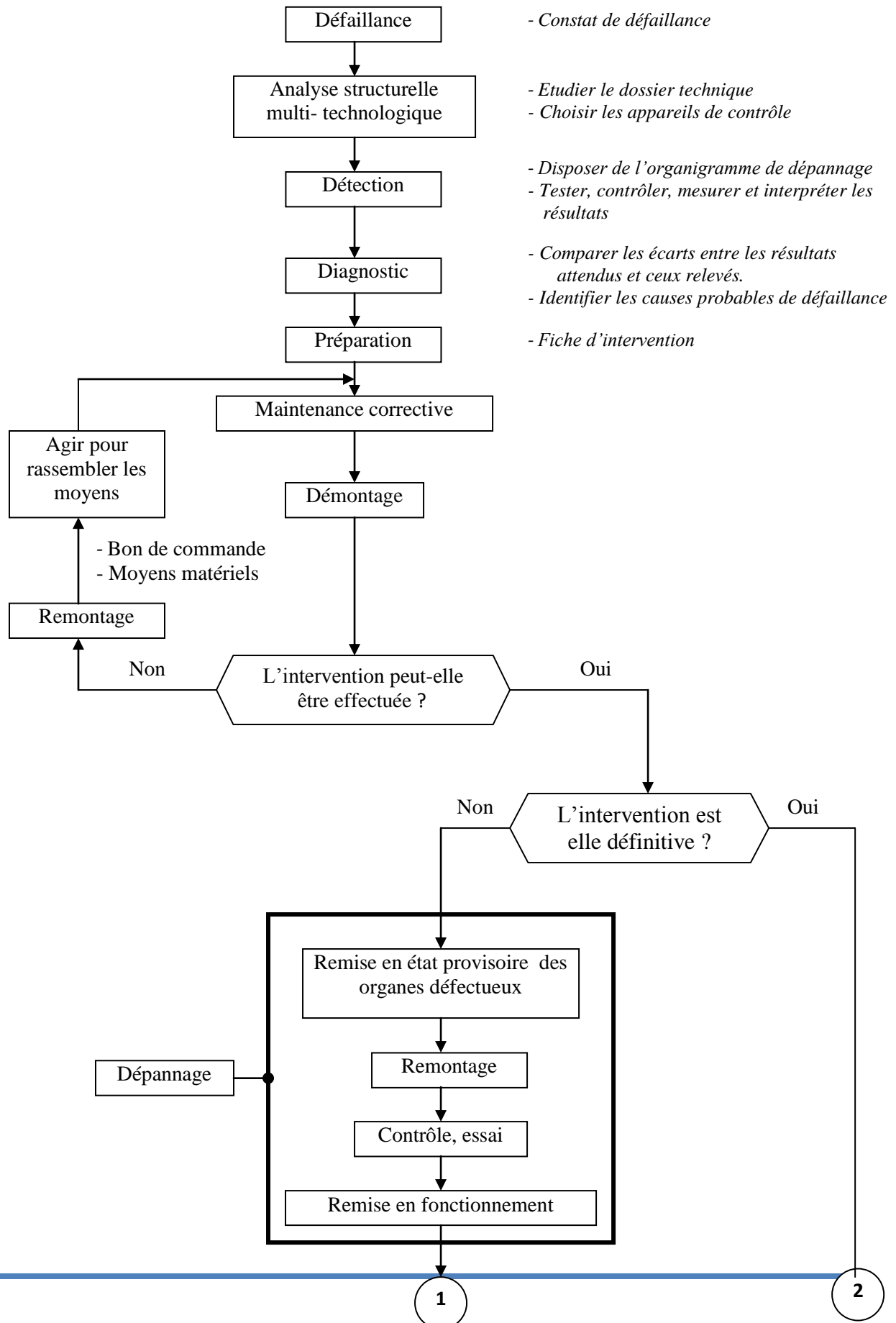
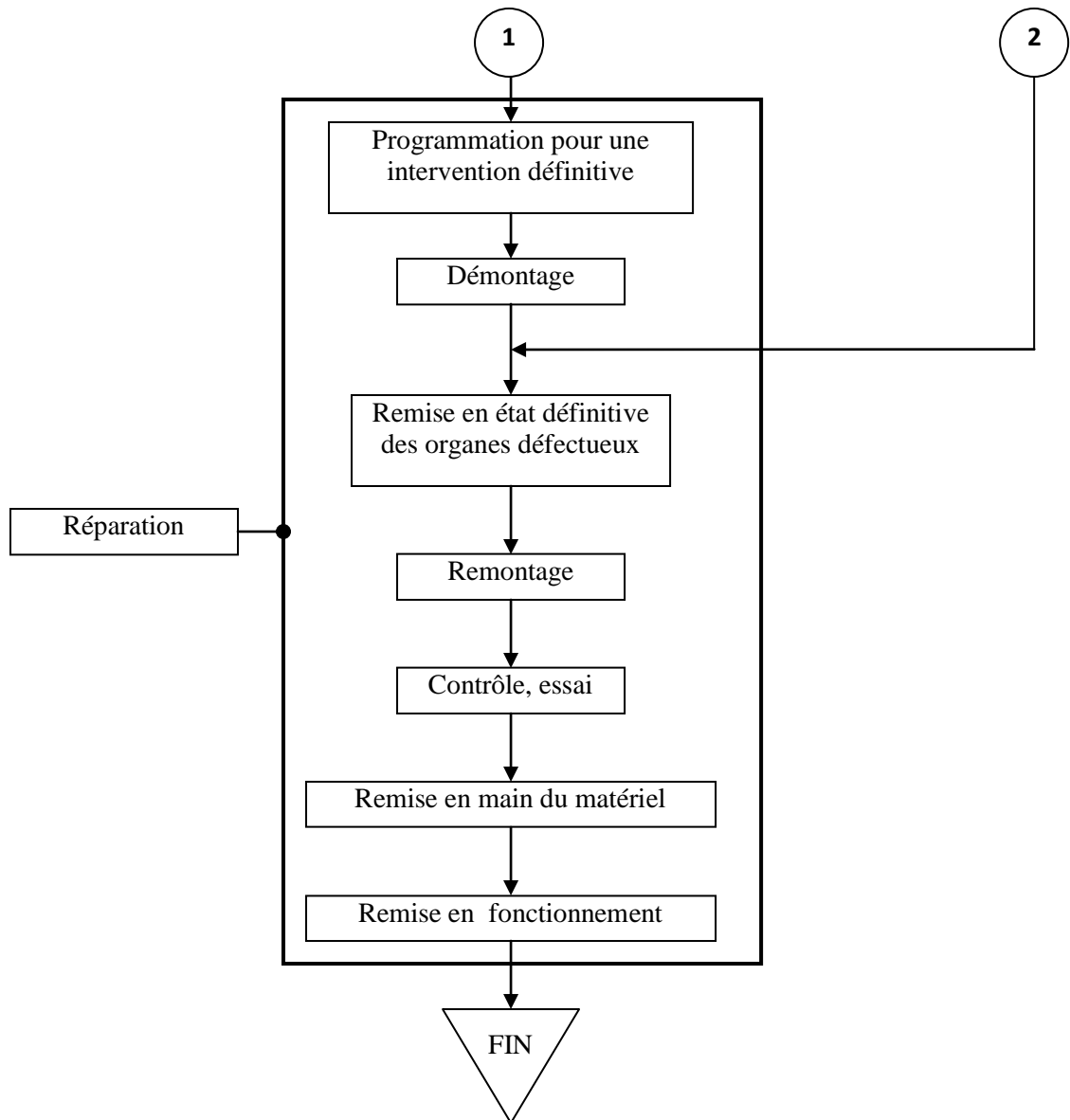


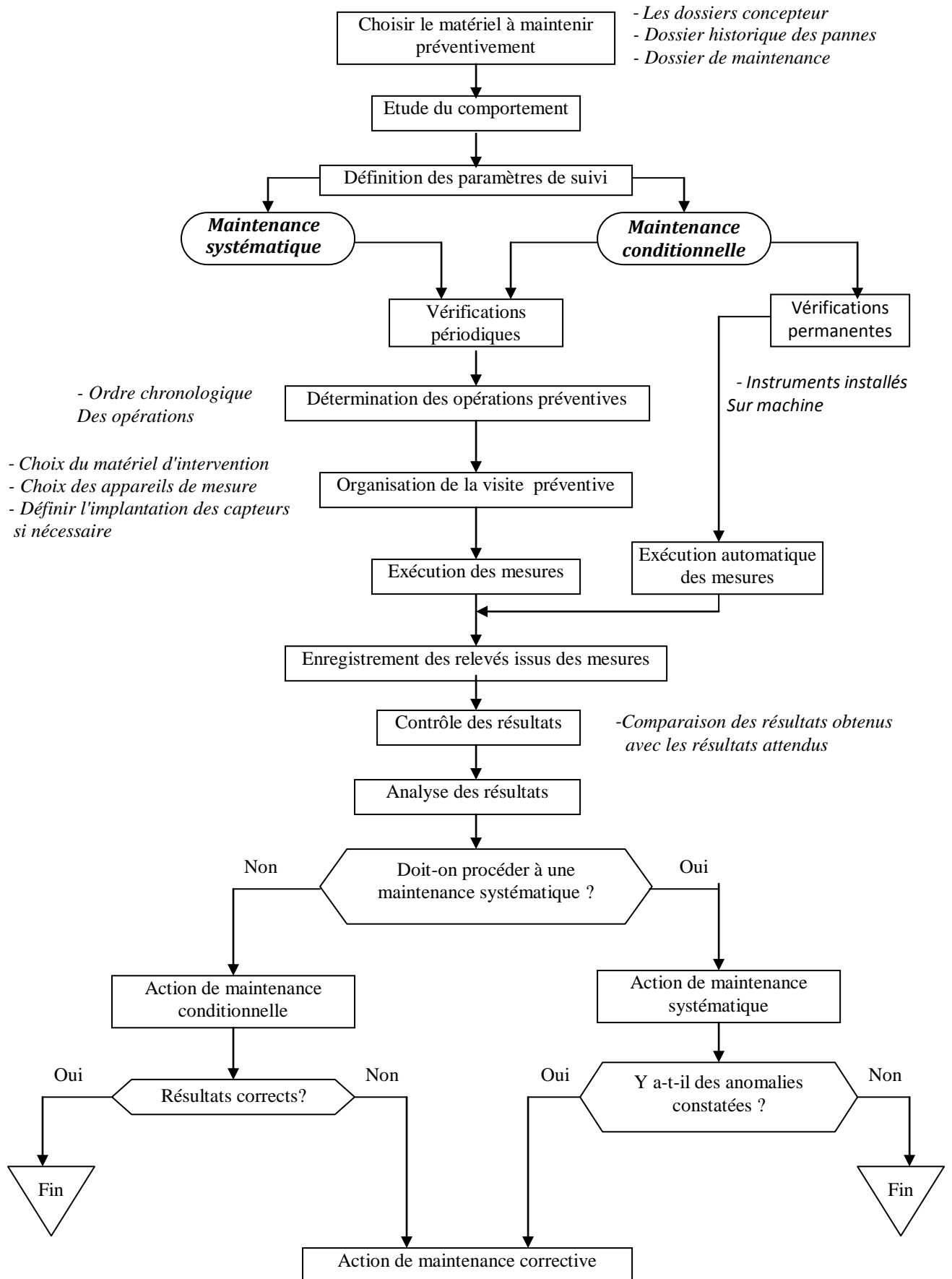
Figure 11 : Logigramme de décision en fonction de l'incidence de la défaillance.

### III.6.4 Déroulement d'une action de maintenance corrective



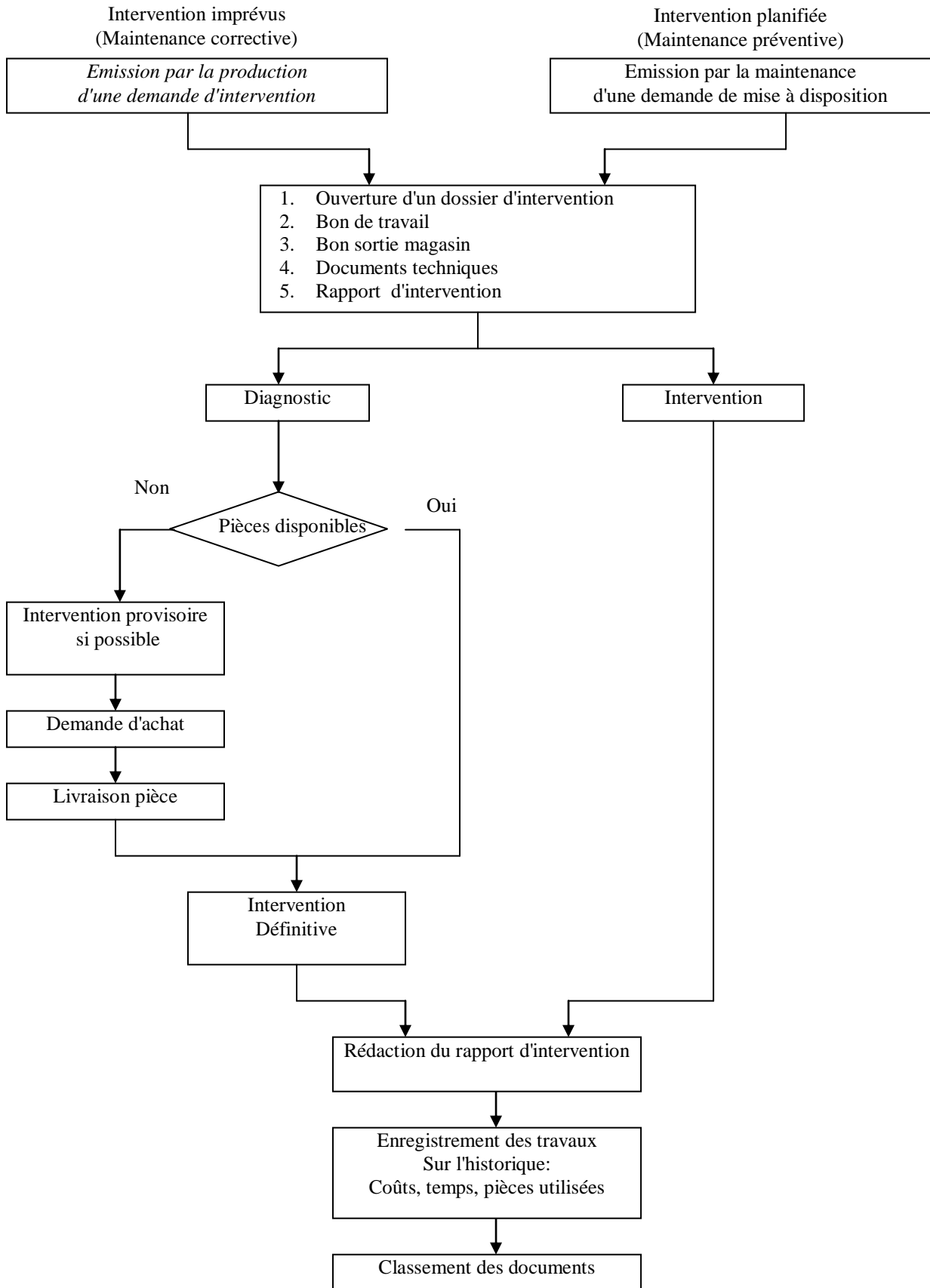


**III.6.5. Déroulement d'une action de maintenance préventive :**





**III.6.6. Déroulement des interventions**



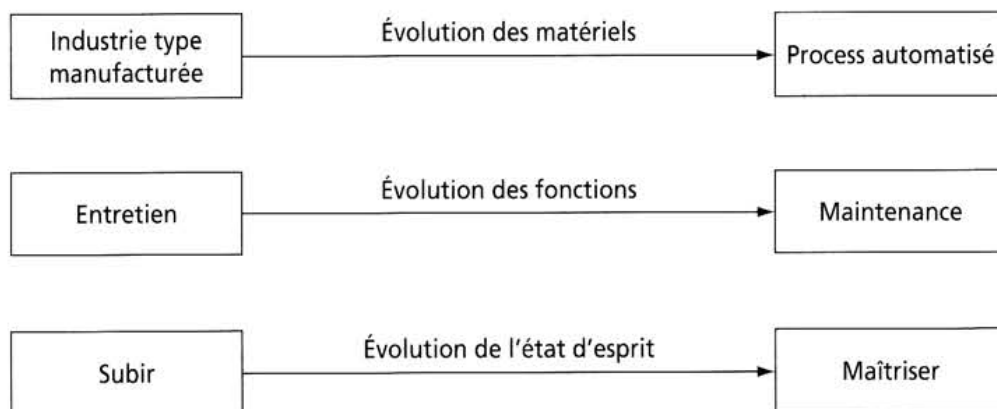
**Figure 12:** Logigramme d'une action du service [9]

### III.7. De l'entretien à la maintenance

Cette différence de vocabulaire n'est pas une question de mode, mais marque une révolution de concept. Le terme maintenance est apparu dans les années 1950 aux Etats-Unis. En France, on parlait encore à cette époque d'entretien. Progressivement, une attitude plus positive vis-à-vis de la défaillance voit le jour. Il faut tirer une leçon de l'apparition d'une panne pour mieux réagir face aux aléas de fonctionnement, figure (13).

Le terme « maintenance » se substitue à celui d' « entretien » qui signifie alors « maintenance corrective ».

Entretien, c'est dépanner, réparer pour assurer le fonctionnement de l'outil de Production : entretenir, c'est subir le matériel.



**Figure 13:** De l'entretien à la maintenance [9]

Maintenir, c'est intervenir dans de meilleures conditions ou appliquer les différentes méthodes afin d'optimiser le coût global de possession : **maintenir**, c'est maîtriser.

#### III.7.1. Maintenance préventive

Dans la définition de la **maintenance préventive**, nous incluons l'ensemble des contrôles, visites et interventions de maintenance effectuées préventivement. La maintenance

préventive s'oppose en cela à **la maintenance corrective** déclenchée par des perturbations ou par les événements, et donc subie par la maintenance. La maintenance préventive comprend :

- les contrôles ou visites systématiques.
- les expertises, les actions et les remplacements effectués à la suite de contrôles ou de visites.
- les remplacements systématiques.
- **La maintenance conditionnelle** ou les contrôles non destructifs.

La maintenance préventive ne doit pas consister à dire à un agent de maintenance : « allez voir si l'état de tel organe est bon » au moyen d'une liste des points à examiner. Dans ce cas, si l'état est bon, on ne dit rien ; s'il n'est pas bon, il faut intervenir de suite, ce qui nécessite forcément une disponibilité en pièces de rechange. Il s'agit d'une **détection d'anomalie** et non de maintenance préventive.

Au contraire la maintenance préventive doit consister à suivre l'évolution de l'état d'un organe, de manière à prévoir une intervention dans un délai raisonnable (1 mois par exemple) et l'achat de la pièce de remplacement nécessaire

### III.7.1.1. Différents types de maintenance préventive

#### a) Maintenances préventives systématiques

##### Visites systématiques

Les visites sont effectuées selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage. A chaque visite, on détermine l'état de l'organe qui sera exprimé soit par une valeur de mesure (épaisseur, température, intensité, etc.), soit par une appréciation visuelle. Et on pourra interpréter l'évolution de l'état d'un organe par les degrés d'appréciation : Rien à signaler, Début de dégradation, Dégradation avancée et Danger.

Par principe, la maintenance préventive systématique est effectuée en fonction de conditions qui reflètent l'état d'évolution d'une défaillance. L'intervention peut être programmée juste à temps avant l'apparition de la panne.

Dans la mise en place d'une maintenance préventive, il vaut toujours mieux commencer par des visites systématiques, plutôt que par des remplacements systématiques, gressive d'un paramètre n'implique pas la défaillance d'un organe, mais lorsqu'un paramètre sort de la tolérance le fonctionnement peut être complètement perturbé.

Le suivi de l'évolution des paramètres permet de préciser la nature et la date des interventions. Le paramètre suivi peut être :

- une mesure électrique (tension, intensité.....) ;
- une mesure de température ;
- un pourcentage de particules dans l'huile ;
- un niveau de vibration ... ;

On choisit comme paramètre à suivre celui qui caractérise la mieux la dégradation des composants ou la cause de la perturbation de fonctionnement.

Tout l'intérêt est porté à la surveillance de paramètres et ses corollaires par l'analyse de tendance et détection d'événements avec l'utilisation indispensable et exigée de l'informatique ou la gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO).

### **b) Maintenance Conditionnelle**

Le fait de pouvoir détecter rapidement les anomalies, sans même démonter l'appareil, ainsi que pouvoir prévenir la panne et en prévoir la réparation le plus tard possible, en fonction des impératifs de production, ce qui fait de la **maintenance conditionnelle** une technique efficace permettant une augmentation perceptible de la productivité.

En d'autres termes, l'intervention n'aura lieu que si nécessaire en établissant au préalable un diagnostic avant de programmer la réparation.

La pratique de la **maintenance conditionnelle** consiste à ne changer l'élément que lorsque celui-ci présente des signes de vieillissement ou d'usure mettent en cause

à brève échéance ses performances et comporte trois phases :

1. la détection du défaut qui se développe
2. l'établissement d'un diagnostic
3. l'analyse de la tendance

#### **c) Détection du défaut qui se développe**

A la mise en route de chaque équipement, les principales caractéristiques de base des appareils sont enregistrées notamment la signature vibratoire (si le paramètre vibratoire s'avère être un paramètre intéressant de surveillance comme par exemple pour les machines tournantes) et les divers paramètres de fonctionnement (température, usure.....)

#### **e) L'établissement d'un diagnostic**

Dès qu'une anomalie est détectée par les outils caractéristiques au sens d'analyse de paramètres, un diagnostic concernant l'origine et la gravité du défaut constaté sera établi.

#### **f) Analyse de la tendance**

L'établissement du diagnostic permet de préjuger le temps dont on dispose avant la panne pour laisser l'appareil fonctionner mais sous surveillance renforcée et prévoir déjà la réparation.

#### **g) Les outils de la maintenance conditionnelle**

Les éléments ou outils nécessaires à l'appréciation du degré d'usure pour approcher la loi de survie des équipements en maintenance prédictive doivent faire l'objet d'une application méthodologique et précise. Parmi ces outils nous énumérons particulièrement :

- La mesure et analyse des vibrations
- L'analyse des caractéristiques des huiles
- L'analyse stroboscopique pour l'étude des mouvements

- La détection des ultrasons pour la localisation des fuites
- Les examens endoscopiques pour les cylindres de compresseurs, ailettes et engrenages
- Les mesures des défauts de roulements et paliers
- La surveillance des niveaux de bruits acoustiques

Limites de la maintenance conditionnelle :

**A. Techniques :** l'efficacité d'une maintenance conditionnelle est subordonnée à l'efficacité et la fiabilité de paramètres de mesure qui la caractérisent.

Elle sera donc réservée aux matériels dont l'évolution d'éventuels défaut est facilement détectable et mesurable.

**B. Economiques :**

Le choix du type de maintenance devra toujours résulter d'un compromis financier et technique qui est la recherche de plus de fiabilité possible au plus juste coût. Dans ce cas il va falloir quantifier en permanence les charges de la maintenance et n'appliquer la maintenance conditionnelle que si l'inéquation suivante est respectée :



**h) Synoptique recapitulatif**

TYPE	CORRECTIVE	SYSTEMATIQUE	CONDITIONNELLE
<i>Conditions d'intervention</i>	Fonctionnement jusqu'à la rupture	Basée sur l'estimation de la durée de vie moyenne du composant	<i>Intervention conditionnée par la dérive d'un paramètre significatif</i>

<b>Aide au diagnostic</b>	Les outils utilisés ne servent qu'à déterminer la cause de la panne	Ajuster les échéanciers en fonction des états d'usure constatés	<b>Analyse de l'évolution des paramètres de fonctionnement et le diagnostic sur l'origine du défaut</b>
<b>Application</b>	Machines doublées, panne acceptable et imprévisible	Graissage, petites pièces et impossibilité d'obtenir des mesures fiables	<b>Machines stratégiques, à problèmes et risque panne dangereuse</b>
<b>Durée de vie d'un organe</b>	rupture	Remplacement	<b>Détection de défaut, analyse de tendance et réparation programmée</b>
<b>Coûts</b>	Coûte cher en perte de production et en sécurité	Coûte cher en matériel	<b>Optimiser les coûts des matériels au plus près de la rupture et augmente la productivité par la programmation des arrêts nécessaires</b>

### III.7.1.2. Maintenance prédictive basée sur les vibrations mécaniques

La maintenance prédictive dite aussi **conditionnelle** est devenue de nos jours. Un impératif industriel car elle offre deux avantages :

- une production constante
- une réduction de frais d'exploitation de 10 à 25%

Pour mettre en évidence les défauts de fonctionnement et les dégradations des machines tournantes, la maintenance prévisionnelle fait très souvent appel à plusieurs techniques simultanément :

- Surveillance des paramètres de fonctionnement tels que les températures, les pressions d'huiles, les rendements énergétiques,
- Surveillance des niveaux de bruit acoustique,

- Surveillance des paliers,
- Analyse des gaz de combustion,
- Mesure et analyse des vibrations mécaniques.

Parmi les outils de la maintenance conditionnelle, il serait incensé de parler de la maintenance prédictive sans citer l'analyse vibratoire.

La variété, la richesse et la précision des renseignements fournis par les mesures et analyse des vibrations mécaniques tant pour les machines tournantes que pour les structures d'accueil des équipements, en font l'outil principal de la maintenance conditionnelle.

### 1) Analyse vibratoire

Toutes les machines en fonctionnement produisent des vibrations. La détérioration du fonctionnement se traduit par une modification de répartition de l'énergie vibratoire conduisant le plus souvent à un accroissement du niveau des vibrations.

Les vibrations mécaniques en tant qu'image des efforts dynamiques, des défauts ou dommages, occupent une place privilégiée parmi les techniques utilisées en maintenance conditionnelle.

Répartition de l'énergie vibratoire conduisant le plus souvent à un accroissement du niveau des vibrations.

Les vibrations mécaniques en tant qu'image des efforts dynamiques, des défauts ou dommages, occupent une place privilégiée parmi les techniques utilisées en maintenance conditionnelle.

Le diagnostic vibratoire est le plus complet et le plus précis car toute anomalie de fonctionnement se traduit par des vibrations ayant un contenu fréquentiel ou temporel caractéristique que l'on peut identifier, isoler et suivre de façon sélective.

### 2) Origine des vibrations

Le principe **de l'analyse des vibrations** est basé sur l'idée que les structures de machines, excitées par des efforts dynamiques, donnent des signaux vibratoires dont la fréquence est identique à celle des efforts qui les ont provoquées, et la mesure globale prise en un point est la somme des réponses vibratoires de la structure aux différents efforts excitateurs.

On peut donc, grâce des capteurs placés en des points particuliers, enregistrer les vibrations



transmises par la structure de la machine et grâce à leur analyse, identifier l'origine des efforts auxquels elle est soumise.

De plus si l'on possède la signature vibratoire de la machine lorsqu'elle était neuve, ou réfutée en bon état de fonctionnement on pourra, par comparaison apprécier l'évolution de son état ou déceler l'apparition d'efforts dynamiques nouveaux, consécutifs à une dégradation en cours de développement.

### III.8 Le cas traité

Le type de la maintenance dominant au sein de la RTO est la maintenance du premier niveau: Réglages simples au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage, ouverture de l'équipement ou échange d'éléments consommables accessible en toute sécurité, tels que voyant ou certains fusibles, etc.....

Ainsi que la surveillance des paramètres (vibration, température, pression et les niveaux d'eau et d'huile d'étanchéité), au niveau de salle de contrôle; les interventions préventives sont programmées à travers des signaux vibratoires.

La figure suivante illustre un cas de paramètre surveillé en utilisant le logiciel **Honeywell Experion PKS** (Logiciel commande d'exploitation de la station SC4)

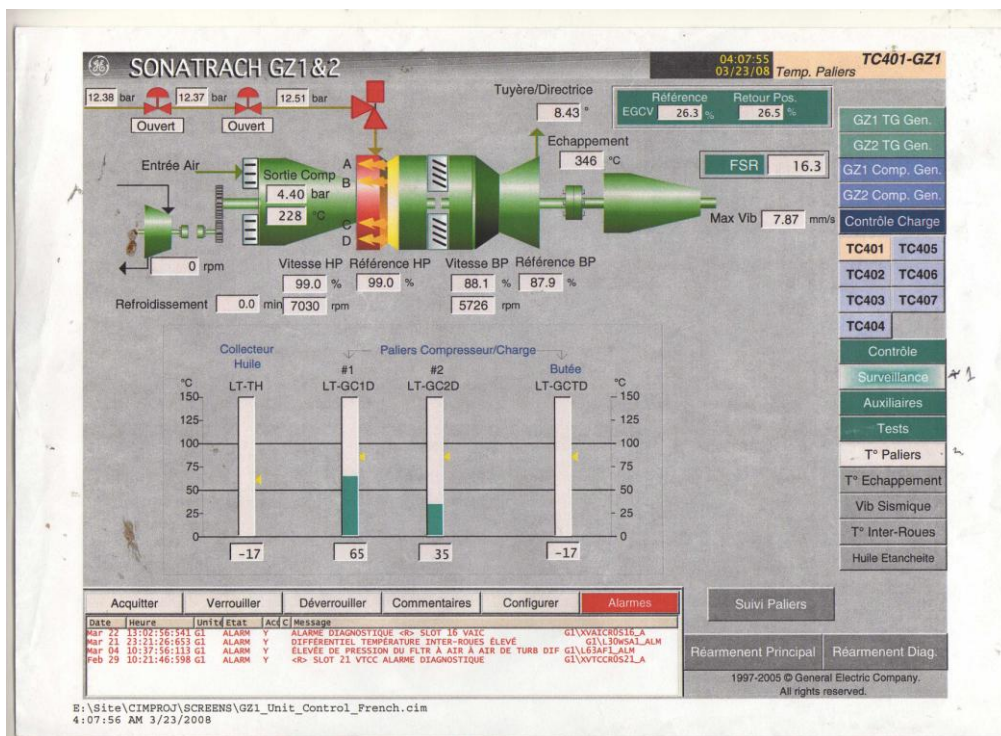


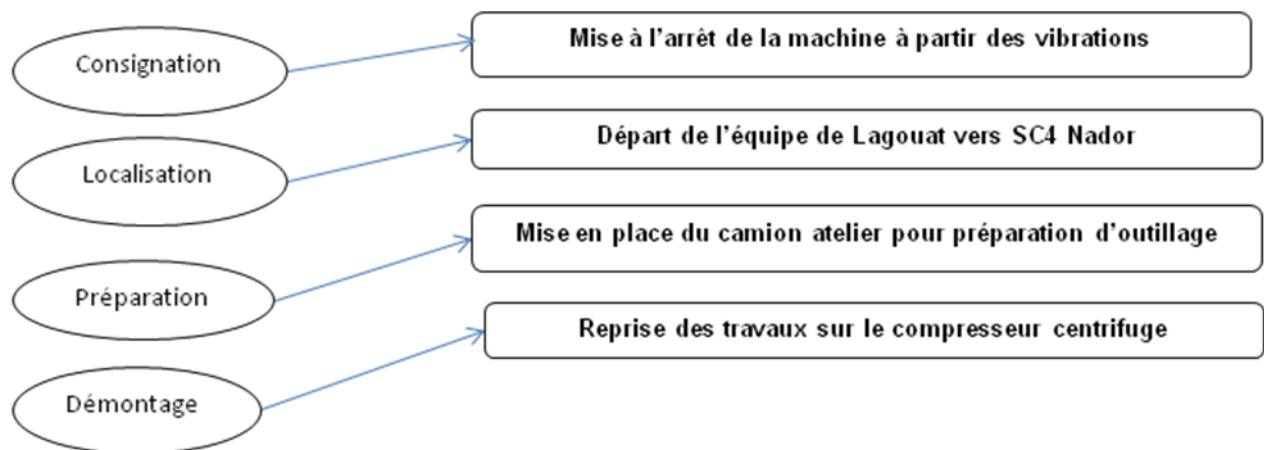
Figure 14 : Surveillance des niveaux d'huile d'étanchéité

On a un seuil minimum et un seuil maximum pour la machine (La Turbine à gaz) ; quand ces signaux approchent au signal max on doit arrêter la machine à cause d'une forte vibration.

Pour connaître la cause de cette forte vibration, le chef de service maintenance a interpellé une équipe de mécaniciens qui vient de la station de base de l'Agouat.

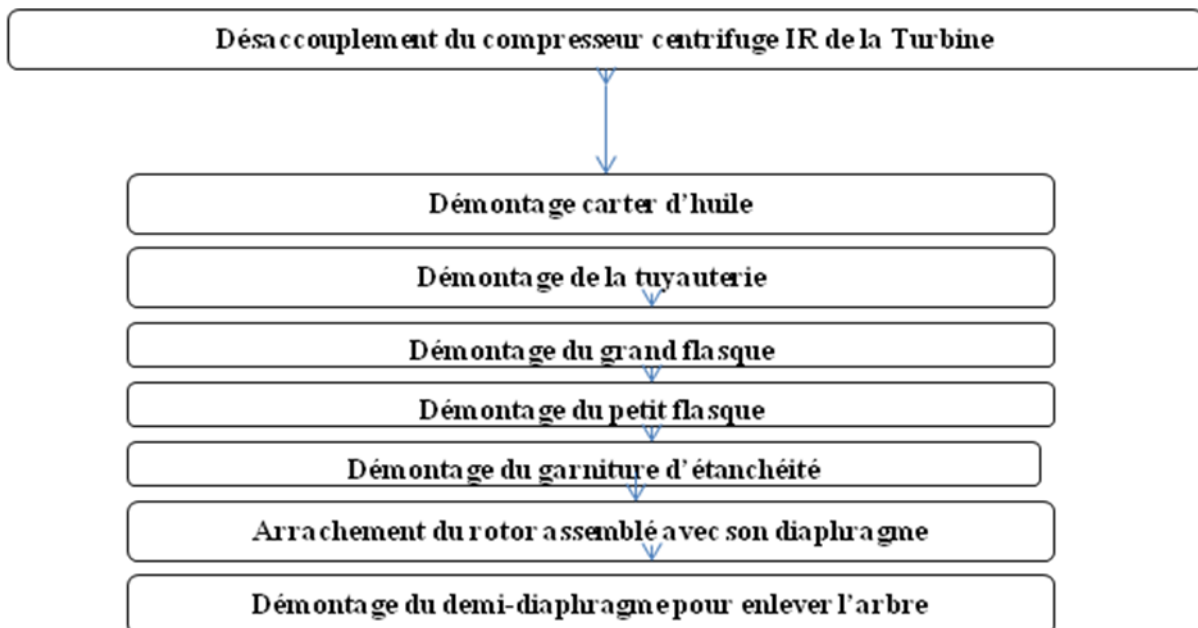
### III.8.1 Mise à l'arrêt de la machine (turbine à gaz) à partir des vibrations

Plan du travail :

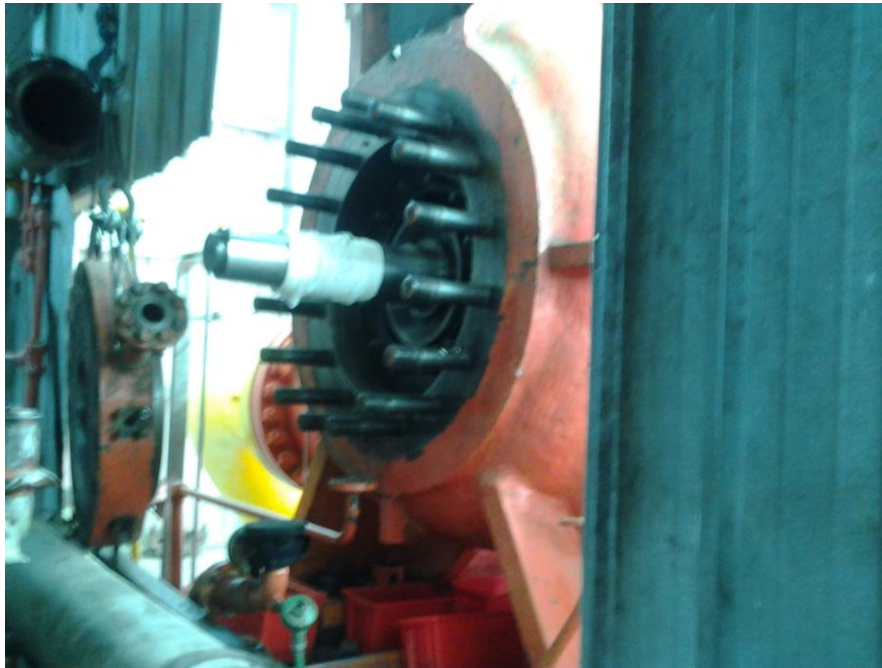


### III.8.2 Organisation de la maintenance conditionnelle:

#### a) Démontage du compresseur (INGER SOL ROUND)



Les figures suivantes illustrent quelques étapes



**Figure Désaccouplement du compresseur centrifuge de la Turbine**



**Figure Démontage du grand flasque**

L'arbre sera analysé sur un bon d'essai en éliminant tout balourd par un équilibrage et le fléchissement par un alésage .L'analyse est réalisée au niveau de la base à Laghouat.

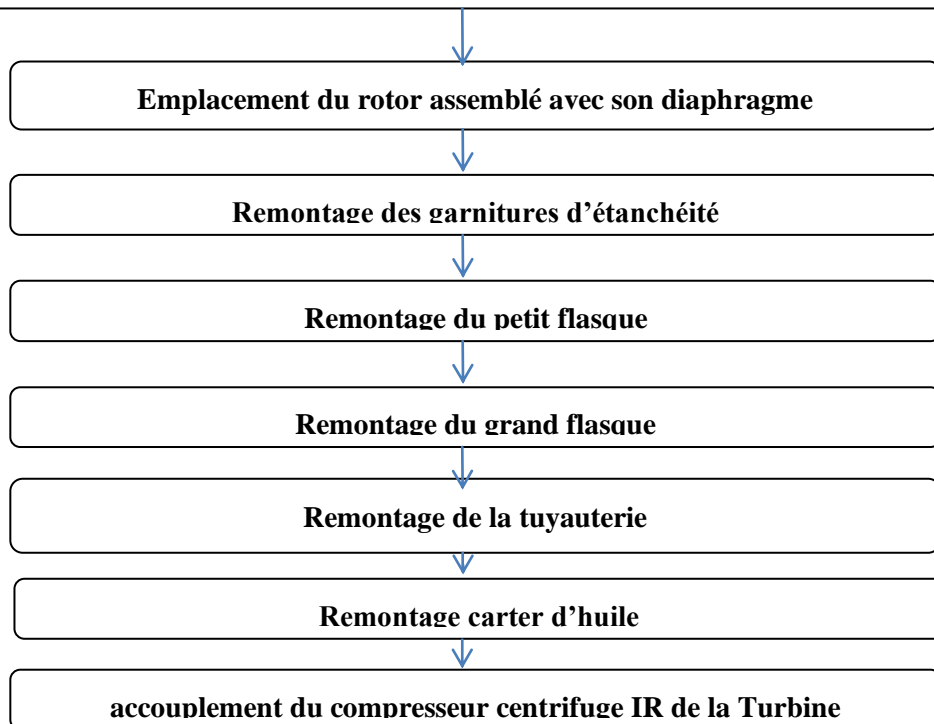


**Figure L'arbre du compresseur**

- Après ce contrôle, on a détecté un balourd qui a été éliminé par une opération de tournage, ensuite on fait passer l'arbre dans le vibreumax (appareil qui détecte les causes des vibrations). Il nous a indiqué que la piste de lecture du capteur de vibration est fissurée, donc on devrait la changer.
- Après cette analyse, et la détection des causes de cette forte vibration, l'équipe de maintenance Laghouat a réalisé le **remontage du compresseur**.

**b) Remontage du compresseur (INGER SOL ROUND)**

Remontage du demi-diaphragme pour placer l'arbre (après changement de la piste de lecture du capteur de vibration)







**Figure Remontage de l'arbre du compresseur**

### III.8.3 CONCLUSION

Le stage que j'ai effectué m'a donné l'opportunité d'être au près du milieu industrielle où la maintenance est d'une importance majeure. Surtout dans secteur critique tel-que celui des hydrocarbures.

Ce qui m'a permis de mettre en évidence les connaissances théoriques reçus durant ma formation en master professionnalisant en maintenance industrielle.

Durant la période de mon stage au niveau de la station de compression n°4, j'avais de la chance à assister à des opérations de maintenance sur un compresseur centrifuge d'une turbine à gaz. Ce stage m'a été très bénéfique pour la réalisation de mon mémoire de fin d'étude, où j'aurai l'occasion de détaillé les différentes opérations de la maintenance conditionnelle réalisées, ainsi, qu'une base de donner pour le travail d'implantation d'une maintenance conditionnelle au sein de la RTO SC4 Nador.