

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة مصطفى بن بولعيد - باتنة 2
Université Mostefa Ben Boulaïd - Batna 2

Faculté de technologie
Département de mécanique



كلية التكنولوجيا
قسم الميكانيك

M1 FMP

COURS MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Année universitaire : 2020/2021

Chapitre III : Méthodes et Techniques de la Maintenance Industrielle.

III.1. Introduction :

L'analyse des différentes formes de maintenance repose sur quatre concepts essentiels:

1. Les événements qui sont à l'origine de l'action :

Référence à un échéancier, relation à un type d'événement (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.), l'apparition d'une défaillance.

2. Les méthodes de maintenance :

Qui leur seront respectivement associées : maintenance préventive systématique, maintenance préventive conditionnelle, maintenance corrective.

3. Les opérations de maintenance :

Inspection, contrôle, dépannage, réparation, etc.

4. Les activités connexes :

Maintenance d'amélioration, rénovation, reconstruction, modernisation, travaux neufs, sécurité, etc. Cette réflexion terminologique et conceptuelle représente une base de référence pour :

- L'utilisation d'un langage commun pour toutes les parties (conception, production, prestataires de services, etc.)
- La mise en place de systèmes informatisés de gestion de la maintenance

III.2. Les événements qui sont à l'origine de l'action :

- 1- La référence à un échéancier.
- 2- La subordination à un type d'événements prédéterminés (autodiagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure...).
- 3- L'apparition d'une défaillance.

III.3. Les méthodes de la maintenance :

Le choix entre les méthodes de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique de la maintenance et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise. Pour choisir, il faut être informé des objectifs de la direction, des décisions politiques de maintenance, mais il faut aussi 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. [4]

III.3.1. La maintenance corrective :

La maintenance corrective appelée parfois curative (terme non normalisé) a pour objet de redonner au matériel des qualités perdues nécessaires à son utilisation. La maintenance corrective est « la Maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise ». Cette maintenance est utilisée lorsque l'indisponibilité du système n'a pas de conséquences majeures ou quand les contraintes de sécurité sont faibles. (Extraits normes NF X 60-010)

III.3.2. La maintenance préventive :

Maintenance effectuée selon des critères prédéterminés, dont l'objectif est de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la

dégradation d'un service rendu. Elle doit permettre d'éviter les défaillances des matériels en cours d'utilisation. L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter.

III.3.2.1 Buts de la maintenance préventive :

- 1-Augmenter la durée de vie des matériels.
- 2-Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- 3-Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne } Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective.
- 4-Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions.
- 5-Éviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, de pièces détachées, etc...
- 6-Améliorer les conditions de travail du personnel de production.
- 7-Diminuer le budget de maintenance.
- 8-Supprimer les causes d'accidents graves.

III.3.3. La maintenance préventive systématique :

C'est la maintenance préventive effectuée sans contrôle préalable de l'état du bien conformément à un échéancier établi selon le temps, le nombre de cycles de fonctionnement, le nombre de pièces produites ou un nombre prédéterminé d'usages pour certains équipements (révisions périodiques) ou organes sensibles (graissage, étalonnage, etc..).

La maintenance systématique se traduit par l'exécution sur un équipement, à dates planifiées, d'interventions dont l'importance peut s'échelonner depuis le simple remplacement de quelques pièces jusqu'à la révision générale.[4]

- Remise à niveau d'une ligne de production par arrêt annuel.
- Révision générale d'un équipement.
- Echange standard d'un sous-ensemble ou d'un composant sensible (filtre, joint, durite, balais d'un moteur CC, etc..).
- Lubrification.

Les travaux revêtent alors un caractère systématique (contrairement à ce qui se passe dans la maintenance conditionnelle), ce qui suppose une parfaite connaissance du comportement de l'équipement, de ses modes et de sa vitesse de dégradation.

NB : lorsque la maintenance systématique est imposée par le législateur (le plus souvent pour des raisons de sécurité), on parle alors de « maintenance réglementaire ».

III.3.3.1. Organisation de la maintenance systématique :

L'organisation de la maintenance systématique propre à un équipement recouvre deux aspects : la détermination du contenu des interventions et le choix de leur périodicité. Ces éléments sont fréquemment fixés par :

- Le constructeur, dans le guide d'entretien de l'équipement (aéronautique, matériel ferroviaire, ...).
- Le législateur, dans des normes homologuées éditées par l'AFNOR (ascenseurs, matériel sous pression, matériel électrique, ...).

Mais ils peuvent aussi être le fait de l'utilisateur qui, ayant préalablement testé, en dépannage et/ou en maintenance conditionnelle, les réactions de l'équipement, estime posséder des historiques suffisamment documentés et précis pour en extraire des lois de dégradation fiables. L'intérêt majeur de la maintenance systématique réside dans sa facilité de gestion.

La GMAO y contribue fortement, ainsi le listing des interventions systématique d'une semaine peut être sorti le vendredi précédent d'où la charge de travail est connue et planifiable à l'avance.

En règle générale, on s'arrange pour que ces interventions aient lieu en dehors de la production ou pendant les temps de non-réquisition de la ligne de production (changement de production, changement d'outillage, etc.).

III.3.3.2. Périodicité des interventions systématiques :

Les opérations de maintenance systématique étant de natures très variables, il est clair que la périodicité T des interventions peut prendre des valeurs allant de la demi-journée à plusieurs années. (Le tableau III.1) donne une idée de cette périodicité.

Périodicité	Nature des opérations	Critère de choix T
½ à 1 semaine	-visites -Rondes -surveillance	-Préconisation constructeur -Habitudes empiriques -Expérience
1 semaine à un an	-Echange standard -Action ponctuelle sur un composant critique	-Préconisation constructeur -Règlementation -T optimisé par calculs, essais ou expériences
10an à 10 ans	-Révision partielle ou générale -Grand arrêt périodique	- Règlementation -Habitudes empiriques liées aux contraintes sociales (congés annuels, congés de maladies, ...etc.

Tableau III.1 : Périodicité des interventions systématiques.

III.3.3.3. Avantages et limites de la maintenance systématique :

La maintenance systématique se pratique quand on souhaite procurer à un équipement une sécurité de fonctionnement quasi absolue en remplaçant suffisamment tôt les pièces ou organes victimes d'usure ou de dégradation. Elle nécessite de bien connaître le comportement du matériel, l'historique des pannes et le MTBF (Mean Time Between Failures). On pourra alors déterminer, de manière fine, la période optimale T de cette maintenance préventive systématique.

T sera calculé à partir de la connaissance des lois de fiabilité du matériel concerné : loi exponentielle ou de Weibull. L'exemple typique de maintenance systématique est celle d'une voiture.

La maintenance systématique est facile à gérer et diminue les arrêts fortuits. Elle régularise les activités de l'entreprise : moins de fortuit, c'est aussi plus de sécurité. Mais elle présente aussi des inconvénients.

a-Quel que soit le taux de systématique que l'on pratique, cela n'élimine pas de façon certaine « la casse ». Le correctif résiduel étant toujours difficile à évaluer, il conduit souvent à déterminer T par empirisme, sans annuler complètement le risque de défaillance.

b-Cette recherche de garantie de fonctionnement conduit donc à remplacer des pièces dont l'usure est incomplète. C'est donc un procédé qui coûte cher et que seule la nécessité d'une sécurité de haut niveau peut justifier.

III.3.2.Application :

- Équipements soumis à une législation en vigueur (sécurité réglementée) : appareils de levage, extincteurs, réservoirs sous pression.
 - Équipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves : tous les matériels assurant le transport en commun des personnes, avions, trains, etc.
 - Équipement ayant un coût de défaillance élevé : éléments d'une chaîne de production automatisée, processus fonctionnant en continu (industries chimiques ou métallurgiques).
 - Équipements dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevées au cours de leur temps de service.

III.3.2.5. Conclusion :

La maintenance systématique coûte cher puisque l'on jette des organes qui n'en sont qu'à la moitié, voire au tiers, de leur durée de vie potentielle. De plus, il se trouve que le taux de panne de beaucoup de machines n'est pas toujours amélioré par le remplacement périodique de pièces usées. Parfois même au contraire (10 à 15% des cas), la fiabilité des machines après remontage se trouve réduite du fait d'erreurs humaines ou de fragilité de jeunesse des nouveaux appareils installés. La répartition future des pannes de chaque machine étant inconnue, ce type de maintenance est souvent inefficace. Son intérêt probant par rapport à la maintenance corrective sur les coûts de production lui a valu de belles années, mais aujourd'hui :

- Le remplacement systématique du matériel doit disparaître progressivement sauf pour du matériel peu coûteux (graissage, filtre, joints, petites pièces, etc..) ou pour des équipements pour lesquels la sécurité des biens et des personnes est mise en jeu.

- L'auscultation périodique par démontage partiel ou complet, aujourd'hui encore très répandue, doit céder la place à des méthodes de maintenance conditionnelle.

III.3.4. La maintenance préventive conditionnelle :

C'est la maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (autodiagnostic, information d'un capteur, mesure, etc.) ou à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs de la dégradation et de la baisse de performance d'une entité.

Cette surveillance de la dégradation permet de fixer un seuil d'alarme avant un seuil d'admissibilité . Le principal intérêt d'une telle stratégie est de pouvoir utiliser les entités au maximum de leur possibilité mais aussi de diminuer le nombre des opérations de maintenance corrective. (Norme NF EN 13306)

Remarque :

La maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendante de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel. La surveillance est périodique ou continue.

Tous les matériels sont concernés. Cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement, les paramètres mesurés peuvent porter sur :

- Le niveau et la qualité de l'huile.
- Les températures et les pressions.
- La tension et l'intensité des matériels électriques.
- Les vibrations et les jeux mécaniques.

Avantage :

la connaissance du comportement se fait en temps réel à condition de savoir interpréter les résultats. A ce niveau, l'informatique prend une place primordiale.

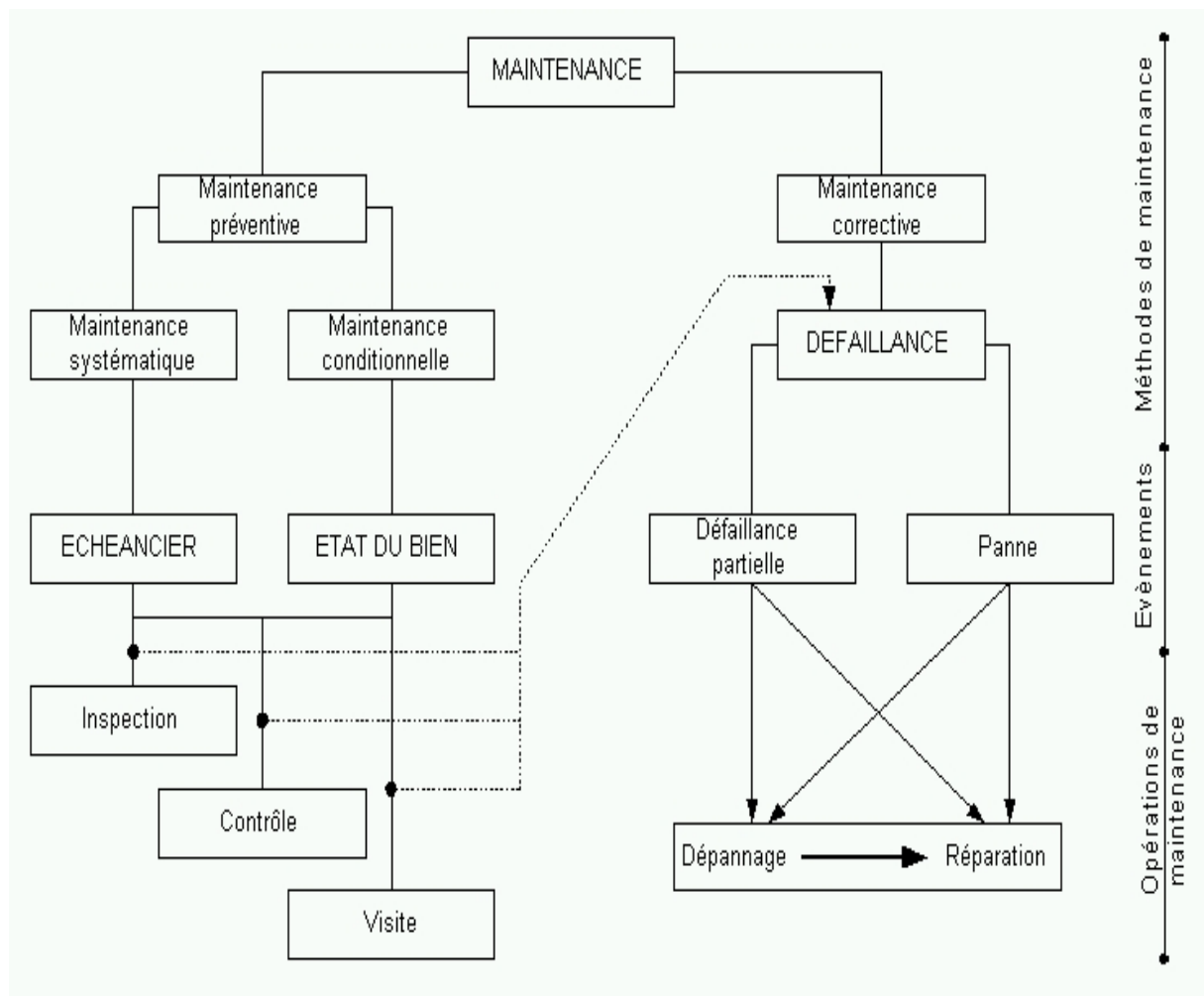


Fig. (III.1) : Le diagramme synthétisant selon la norme NF X 60-000 les méthodes de maintenance.

III.4. Les opérations de maintenance :

Seules les opérations essentielles sont mentionnées. Pour le reste, se référer à la norme NF X 60-010.

III.4.1. Les opérations de maintenance corrective :

III.4.1.1. Le dépannage :

Action sur un bien en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement. Compte tenu de l'objectif, une action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires (maintenance palliative) avec des conditions de réalisation hors règles de procédures, de coûts et de qualité, et dans ce cas sera suivie de la réparation. Le dépannage n'a pas de conditions d'applications particulières. La connaissance du comportement du matériel et des modes de dégradation sont à la base d'un bon diagnostic et permettent souvent de gagner du temps.

III.4.1.2. La réparation :

Intervention définitive et limitée de maintenance corrective après panne.

L'application de la réparation peut être décidée soit immédiatement à la suite d'un incident ou d'une défaillance, soit après un dépannage, soit après une visite de maintenance préventive conditionnelle ou systématique.

Remarque :

la réparation correspond à une action définitive. L'équipement réparé doit assurer les performances pour lesquelles il a été conçu. Tous les équipements sont concernés.

III.4.2. Les opérations de maintenance préventive :

III.4.2.1. Les inspections :

Activités de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

III.4.2.2. Les visites :

Opérations de surveillance qui, dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité déterminée. Ces interventions correspondent à une liste d'opérations définies préalablement qui peuvent entraîner des démontages d'organes et une immobilisation du matériel.

Une visite peut entraîner une action de maintenance corrective.

III.4.2.3. Les contrôles :

Vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivies d'un jugement. Le contrôle peut :

- Comporter une activité d'information.
- Inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement ;
- Déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective

III.4.2.4. Les opérations de surveillance :

Les contrôles, visites et inspections sont nécessaires pour maîtriser l'évolution de l'état réel du bien. Elles sont effectuées de manière continue ou à des intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage.

III.4.3. Les cinq niveaux de maintenance :

1^{er} Niveau :

Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement, ou échanges d'éléments consommables accessibles en toute sécurité, tels que voyants ou certains fusibles,...etc.

2^{ème} Niveau :

Dépannages par échange standard des éléments prévus à cet effet et opérations mineures de maintenance préventive, telles que graissage ou contrôle de bon fonctionnement

3^{ème} Niveau :

Identification et diagnostic des pannes, réparations par échange de composants ou d'éléments fonctionnels, réparations mécaniques mineures, et toutes opérations courantes de maintenance préventive telles que réglage général ou réalignement des appareils de mesure.

4^{ème} Niveau :

Tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. Ce niveau comprend aussi le réglage des appareils de mesure utilisés pour la maintenance, et éventuellement la vérification des étalons de travail par les organismes spécialisés.

5^{ème} Niveau :

Rénovation, reconstruction ou exécution des réparations importantes confiées à un atelier central ou à une unité extérieure.

III.5. Les activités connexes :

Ces activités sont étroitement liées à la maintenance, elles complètent les actions de maintenance citées précédemment et participent pour une part non négligeable à l'optimisation des coûts d'exploitation.

III.5.1. La maintenance d'amélioration :

L'amélioration des biens d'équipements consiste à procéder à des modifications, des changements, des transformations sur un matériel.

Les améliorations à apporter peuvent avoir comme objectif :

- L'augmentation des performances de production du matériel.
- L'augmentation de la fiabilité (diminuer les fréquences d'interventions).
- L'amélioration de la maintenabilité.
- L'augmentation de la sécurité du personnel et des conditions de travail.

Tous les matériels sont concernés à condition que la rentabilité soit vérifiée.

III.5.2. La rénovation :

Inspection complète de tous les organes, reprise dimensionnelle complète ou remplacement des pièces déformées, vérification des caractéristiques et éventuellement réparation des pièces et sous-ensembles défectueux, conservation des pièces bonnes.

La rénovation apparaît donc comme l'une des suites possibles d'une révision générale au sens strict de sa définition. (extrait de la norme NF X 50-501, février 1982).

III.5.3. La reconstruction :

Remise en l'état défini par le cahier des charges initial, qui impose le remplacement de pièces vitales par des pièces d'origine ou des pièces neuves équivalentes.

III.5.4. La modernisation :

Remplacement d'équipements, accessoires et appareils ou éventuellement de logiciel apportant.

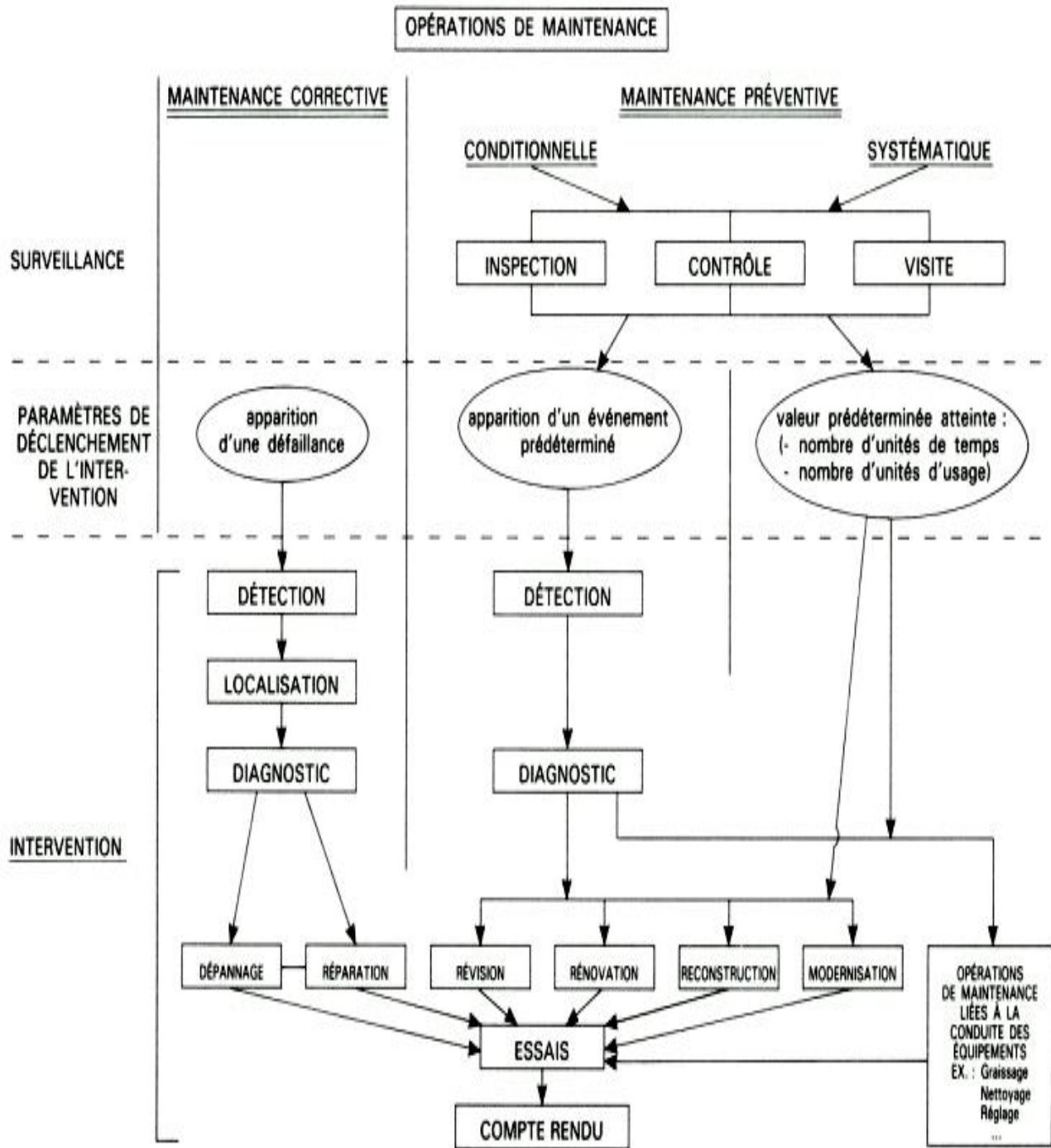
Grâce à des perfectionnements techniques n'existant pas sur le bien d'origine, une amélioration de l'aptitude à l'emploi du bien. Cette opération peut aussi bien être exécutée dans le cas d'une rénovation, que dans celui d'une reconstruction.

III.5.5. La sécurité :

La sécurité est l'ensemble des méthodes ayant pour objet, sinon de supprimer, du moins de minimiser les conséquences des défaillances ou des incidents dont un dispositif ou une installation peuvent être l'objet.

Conséquences qui ont un effet destructif sur le personnel, le matériel ou l'environnement de l'un et de l'autre.

En résumé nous pouvons présenter les opérations de maintenance suivant le tableau synoptique suivant :



[3] : Livre GUIDE PRATIQUE DE LA MAINTENANCE. Daniel BOITEL et Claud HAZARD.

[4] : Institut Supérieur d'Enseignement Technologique de Rosso : Méthodes de maintenance. BABANA OULD MOHAMED LAMINE. 2008/2009.