

Approche de la Maintenance industrielle

Introduction : Le maintien des équipements de production est un enjeu clé pour la productivité des usines aussi bien que pour la qualité des produits. C'est un défi industriel impliquant la remise en cause des structures figées actuelles et la promotion de méthodes adaptées à la nature nouvelle des matériels

Définition de la maintenance (d'après AFNOR NF X 60-010)

La maintenance est un ensemble des actions permettant de *maintenir* ou de *rétablir* un bien dans *un état spécifié* ou en mesure d'assurer *un service déterminé*. Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au **coût optimal**.

Maintenir : contient la notion de «prévention» sur un système en fonctionnement.

Rétablir : contient la notion de «correction» consécutive à une perte de fonction.

État spécifié ou service déterminé : implique la prédétermination d'objectif à atteindre, avec quantification des niveaux caractéristiques.

Coût optimal qui conditionne l'ensemble des opérations dans un souci d'efficacité.

Entretien ou maintenance

- Entretien, c'est dépanner et réparer un parc matériel, afin d'assurer la continuité de la production : Entretien, c'est subir le matériel
- Maintenir, c'est choisir les moyens de prévenir, de corriger ou de rénover suivant l'usage du matériel, suivant sa criticité économique, afin d'optimiser le coût global : Maintenir, c'est maîtriser

Les services « entretien » mutent vers la maintenance

Les entreprises s'organisent selon deux tendances :

La centralisation, où toute la maintenance est assurée par un service.

les avantages sont :

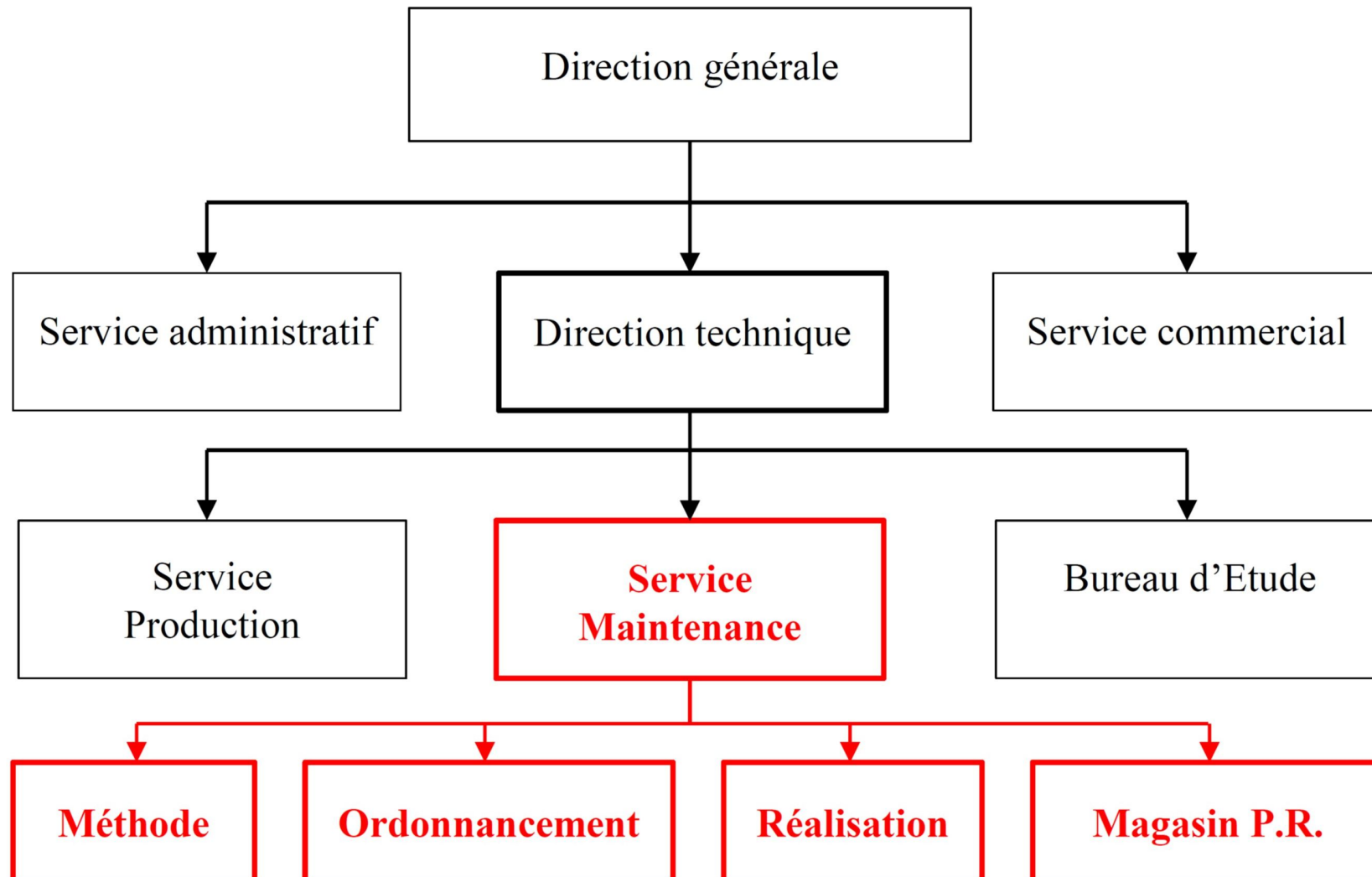
- Standardisation des méthodes, des procédures et de la communication.
- Regroupement permet la mutualisation des coûts.
- Vision globale de l'état du parc à gérer.
- Gestion plus aisée et plus souple des personnels.
- Rationalisation des moyens matériels (amortissement plus rapide).
- Diminution des quantités de pièces de rechange disponibles.
- Communication simplifiée avec les autres services.

La décentralisation, où la maintenance est confiée à plusieurs services liés à chacun des services de l'entreprise.

les avantages sont :

- Meilleures communications et relations avec le service responsable et l'utilisateur du parc à maintenir.
- Effectifs moins importants dans les différentes antennes.
- Réactivité accrue face à un problème.
- Meilleure connaissance du matériel.
- Gestion administrative allégée.

Exemple d'organigramme où la maintenance est centralisée

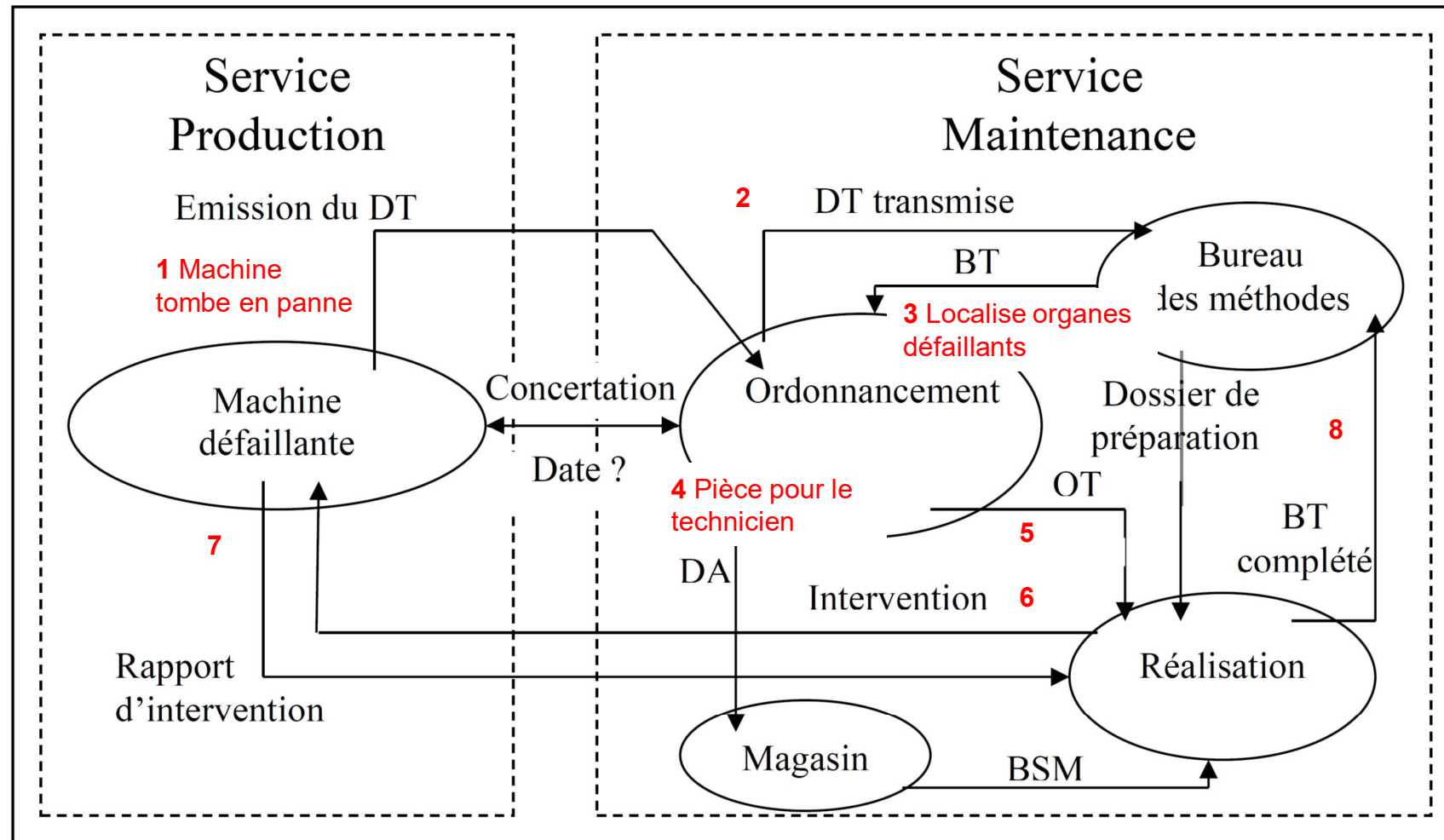


Missions du service Maintenance

- La maintenance des équipements : actions correctives et préventives, dépannages, réparations et révisions.
- L'amélioration du matériel, dans l'optique de la qualité, de la productivité ou de la sécurité.
- Les travaux neufs : participation au choix, à l'installation et au démarrage des équipements nouveaux.
- Les travaux concernant l'hygiène, la sécurité, l'environnement et la pollution, les conditions de travail, la gestion de l'énergie...
- L'exécution et la réparation des pièces de rechanges. L'approvisionnement et la gestion stocks (outillages, pièces de rechanges...). Des prestations diverses, pour la production (réalisation de montages, par exemple) ou pour tout autre service.
- L'entretien général des bâtiments administratifs ou industriels, des espaces verts, des véhicules...

Communication en interne (exemple de procédure d'intervention corrective)

La fonction ORDONNANCEMENT a une position stratégique pour la qualité de la communication.



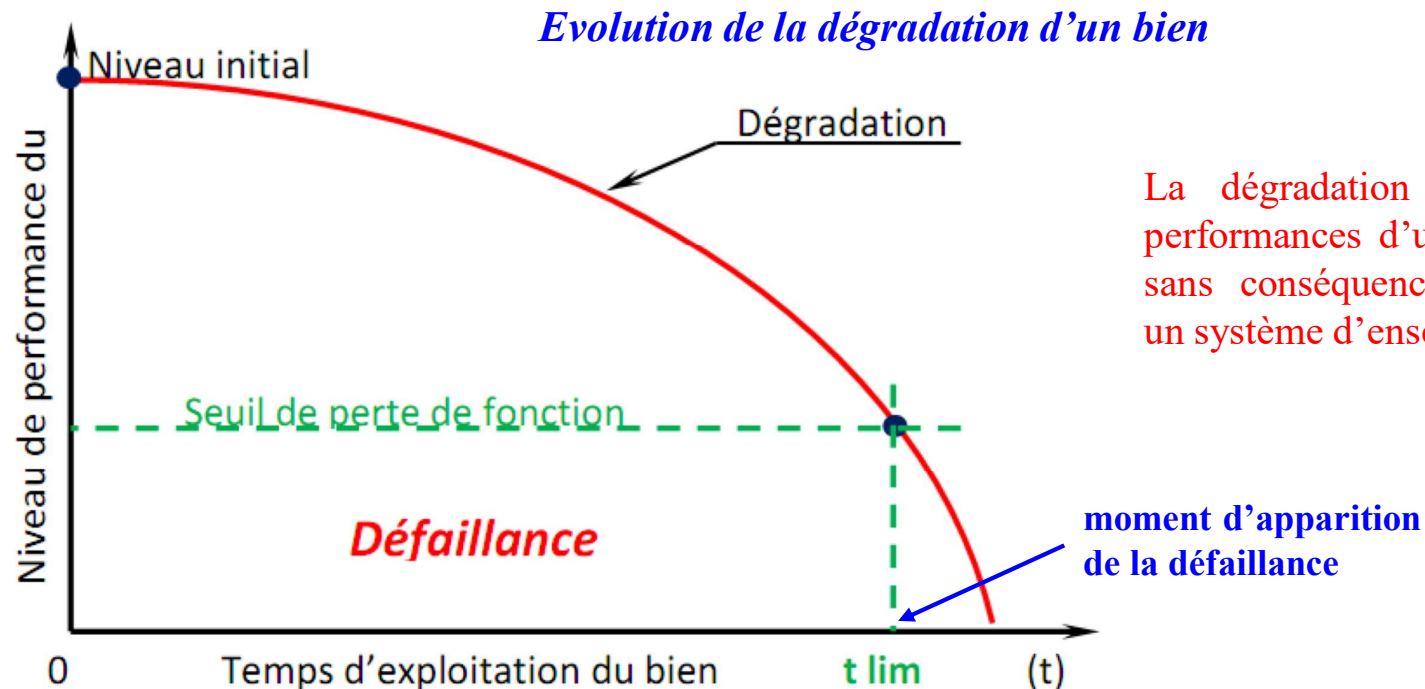
DT : demande de travail ; **OT** : ordre de travail ; **BT** : bon de travail ; **DA** : demande d'approvisionnement ; **BSM** : bon de sortie de magasin ; 7

Notion de la défaillance

Définition de la défaillance (selon norme NF 60-011) : « altération ou cessation d'un bien à accomplir sa fonction requise » (en anglais « failure », dysfonctionnement, dommages, anomalies, avaries, incidents, défauts, pannes, détériorations).

Une **défaillance** peut être :

- **Partielle** : il y a altération d'aptitude du bien à accomplir sa fonction requise.
- **Complète** : il y a cessation d'aptitude du bien à accomplir sa fonction requise.
- **Intermittente** : le bien retrouve son aptitude au bout d'un temps limité action corrective.



La défaillance est la conséquence d'un défaut, dont la cause est une faute.

Triptyque « faute - défaut – défaillance »



Faute physique due à l'utilisateur (**notion de 5M** : Matières, Matériel, Milieu, Moyens, Main d'œuvre)

Latent au départ, il devient ensuite effectif.
Il peut être :

- *Soudain* (imprévisible).
- *Catalectique* (soudain et irréversible).
- *Progressif* (prévisible et éventuellement réversible, par exemples : organe qui rouille, fuite sur une soupape).
- *Précoce* (en début de vie de l'équipement).
- *D'usure* (en fin de vie de l'équipement).

La panne : L'état d'un produit le rend inapte à accomplir une fonction requise (résulte toujours d'une défaillance).

Quelle maintenance concevoir?

L'analyse des différentes formes de maintenance repose sur 4 concepts :

- Les évènements qui sont à l'origine de l'action : référence à un échéancier, la subordination à un type d'événement (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.), l'apparition d'une défaillance.
- Les méthodes de maintenance qui leur seront respectivement associées : maintenance préventive systématique, maintenance préventive conditionnelle, maintenance corrective.
- Les opérations de maintenance proprement dites : inspection, contrôle, dépannage, réparation, etc.
- Les activités connexes : maintenance d'amélioration, rénovation, reconstruction, modernisation, travaux neufs, sécurité, etc.

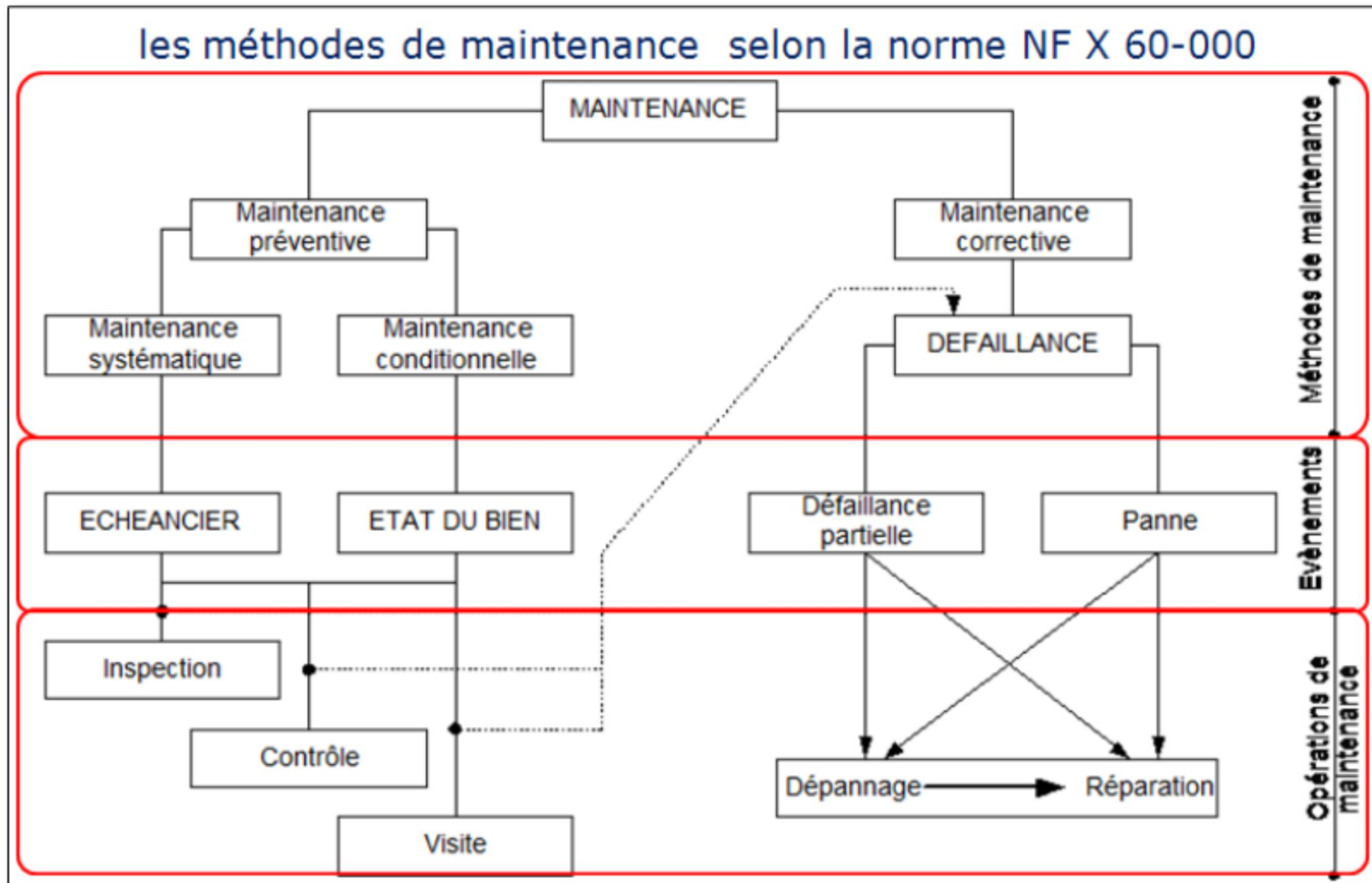
Cette réflexion terminologique et conceptuelle représente une base de référence pour :

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

Le **choix entre les méthodes de maintenance (préventives ou correctives)** 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 donc connaître :

- Les objectifs de la direction.
- Les directions politiques de maintenance.
- Le fonctionnement et les caractéristiques du matériel.
- Le comportement du matériel en exploitation.
- Les conditions d'application de chaque méthode.
- Les coûts de maintenance.
- Les coûts de perte de production.



La maintenance préventive

Maintenance effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu.

Elle doit permettre d'éviter les défaillances du matériel en cours d'utilisation.

L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter.

Objectifs de la maintenance préventive :

- Augmenter la durée de vie du matériel.
- Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne.
- Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective.
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions.
- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc....
- Améliorer les conditions du travail du personnel de production.
- Diminuer le budget de maintenance.
- Supprimer les causes d'accidents graves.

La maintenance préventive systématique :

Maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage (d'autres unités peuvent être retenues telles que : la quantité, la longueur et la masse des produits fabriqués, la distance parcourue, le nombre de cycles effectués, etc.).

Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision complète ou partielle.

Cette méthode nécessite de connaître :

- Le comportement du matériel.
- Les modes de dégradation.
- Le temps moyen de bon fonctionnement entre 2 avaries.

Cas d'application :

- Equipements soumis à une législation en vigueur (sécurité réglementée) : appareils de levage, extincteurs, convoyeurs, ascenseurs, monte-charge, etc....
- Equipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves : transport en commun des personnes, avions, trains, etc....
- Equipement ayant un coût de défaillance élevé : éléments d'une chaîne de production automatisée
- Equipements dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevées au cours de leur temps

La maintenance préventive conditionnelle :

Maintenance prédictive (terme non normalisé). C'est la maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc...).

La maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendante de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel. Elle se caractérise par la mise en évidence des points faibles (surveillance de ces points et décision d'une intervention si certains seuils sont atteints).

Contrôles systématiques avec des moyens de contrôle non destructifs.

Tout le matériel est concerné ; 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 du matériel électrique.
- Les vibrations et les jeux mécaniques.
- Le matériel nécessaire pour assurer la maintenance préventive conditionnelle devra être fiable pour ne pas perdre sa raison d'être. Il est souvent onéreux, mais pour des cas bien choisis, il est rentabilisé rapidement.

Opérations de la maintenance préventive :

Ces opérations trouvent leurs définitions dans la norme NF X 60-010 et NF EN 13306.

- **Inspection** : contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives; elle permet de relever des anomalies et d'exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de la production ou des équipements (pas de démontage).
- **Contrôle** : vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement. Ce contrôle peut déboucher sur une action de maintenance corrective ou alors inclure une décision de refus, d'acceptation ou d'ajournement.
- **Visite** : examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance du premier et du deuxième niveau ; il peut également déboucher sur la maintenance corrective.
- **Test** : comparaison des réponses d'un système par rapport à un système de référence ou à un phénomène physique significatif d'une marche correcte.
- **Echange standard** : remplacement d'une pièce ou d'un sous-ensemble défectueux par une pièce identique, neuve ou remise en état préalablement, conformément aux prescriptions du constructeur.
- **Révision** : ensemble complet d'exams et d'actions réalisées afin de maintenir le niveau de disponibilité et de sécurité d'un bien. Une révision est souvent conduite à des intervalles prescrits du temps ou après un nombre déterminé d'opérations. Une révision demande un démontage total ou partiel du bien.

La maintenance Corrective

Définition AFNOR (norme X 60-010) : «Opération de maintenance effectuée après défaillance ».

La maintenance corrective correspond à une attitude de défense (**subir**) dans l'attente d'une défaillance fortuite, attitude caractéristique de l'entretien traditionnel.

Après apparition d'une défaillance, la mise en œuvre d'un certain nombre d'opérations dont les définitions sont données ci-dessous. Ces opérations s'effectuent par étapes (dans l'ordre) :

- **test** : c'est à dire la comparaison des mesures avec une référence.
- **détection** ou action de déceler l'apparition d'une défaillance.
- **localisation** ou action conduisant à rechercher précisément les éléments par lesquels la défaillance se manifeste.
- **diagnostic** ou identification et analyse des causes de la défaillance.
- **dépannage, réparation** ou remise en état (avec ou sans modification).
- **contrôle** du bon fonctionnement après intervention.
- **amélioration éventuelle** : c'est à dire éviter la réapparition de la panne.
- **historique** ou mise en mémoire de l'intervention pour une exploitation ultérieure.

Le temps en maintenance corrective :

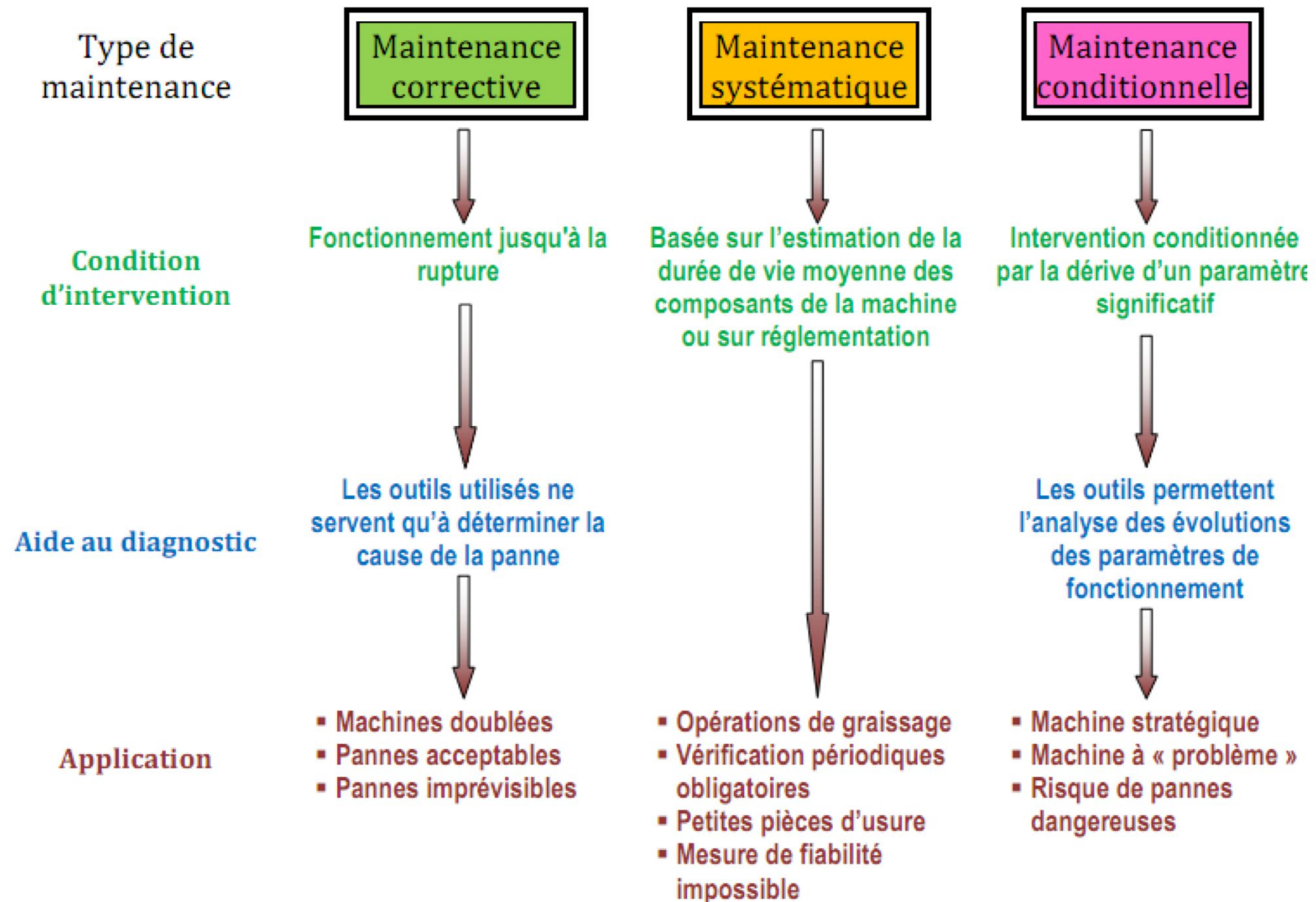
Les actions de maintenance corrective étant très diverses, il est toujours difficile de prévoir la durée d'intervention :

- Faible (de quelques secondes pour réarmer un disjoncteur ou changer un fusible à quelques minutes pour changer un joint qui fuit).
- Très importante (de 0,5 à plusieurs heures) dans le cas du changement de plusieurs organes simultanément (moteur noyé par une inondation).
- Majeure en cas de mort d'homme (plusieurs jours si enquête de police).

Le responsable maintenance doit donc tenir compte de ces distorsions et avoir à sa disposition une équipe « réactive » aux événements aléatoires. Pour réduire la durée des interventions, donc les coûts directs et indirects (coûts d'indisponibilité de l'équipement), on peut :

- Mettre en place des méthodes d'interventions rationnelles et standardisées (outillages spécifiques, échanges standards, logistique adaptée, etc..).
- Prendre en compte la maintenabilité des équipements dès la conception (trappe de visites accessibles, témoins d'usure visible, etc..).

Applications des méthodes de maintenance



La maintenance améliorative

L'amélioration des biens d'équipement est un « ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à améliorer la sûreté de fonctionnement d'un bien sans changer sa fonction requise » (norme NF EN 13306).

Modifications apportées à la conception d'origine dans le but d'augmenter la durée de vie des composants, de les standardiser, de réduire la consommation d'énergie, d'améliorer la maintenabilité, etc..

Objectifs :

Cette maintenance est un état d'esprit nécessitant un pouvoir d'observation critique et une attitude créative. Un projet d'amélioration passe obligatoirement par une étude économique sérieuse (rentabilité). Tout le matériel peut concerné, sauf matériel proche de la réforme. Les objectifs sont :

- L'augmentation des performances de production.
- L'augmentation de la fiabilité.
- L'amélioration de la maintenabilité.
- La standardisation de certains éléments ou sous-ensemble,
- L'augmentation de la sécurité des utilisateurs.

Opération de maintenance améliorative

Rénovation :

Inspection complète de tous les organes, la reprise dimensionnelle complète ou le remplacement des pièces déformées, la vérification des caractéristiques et éventuellement, la réparation des pièces et sous-ensembles défaillants. C'est donc une suite possible à une révision générale. Une rénovation peut donner lieu à un échange standard.

Reconstruction :

« Action suivant le démontage du bien principal et remplacement des biens qui approchent de la fin de leur durée de vie et/ou devraient être systématiquement remplacés ». La reconstruction diffère de la révision en ce qu'elle peut inclure des modifications et/ou améliorations. L'objectif de la reconstruction est normalement de donner à un bien une vie utile qui peut être plus longue que celle du bien d'origine. La reconstruction impose le remplacement de pièces vitales par des pièces d'origine ou des pièces neuves équivalentes. La reconstruction peut être assortie d'une modernisation ou de modifications. Les modifications peuvent apporter un plus en terme de disponibilité (redondance), d'efficacité, de sécurité, etc.... Attention toutefois à une forme particulière de reconstruction : c'est la « **cannibalisation** » qui consiste à récupérer, sur le matériel mis au rebut (casse), des éléments en bon état, de durée de vie espérée inconnue, et de les utiliser en rechanges ou en pièces de rénovation. Est-ce une bonne solution ?...

Modernisation :

C'est le remplacement d'équipements, d'accessoires, des logiciels par des sous ensembles apportant, grâce à des perfectionnements techniques n'existant pas sur le bien d'origine, une amélioration de l'aptitude à l'emploi du bien. Une modernisation peut intervenir dans les opérations de rénovation ou de reconstruction.

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.... Ce type d'intervention peut être effectué par l'exploitant du bien, sur place, sans outillage et à l'aide des instructions d'utilisation. Le stock des pièces consommables nécessaires est très faible.

2^{ème} niveau :

Dépannage par échange standard des éléments prévus à cet effet et opérations mineures de maintenance préventive, telles que graissage ou contrôle de bon fonctionnement. Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien habilité de qualification moyenne, sur place, avec l'outillage portable défini par les instructions de maintenance, et à l'aide de ces mêmes instructions. On peut se procurer les pièces de rechange transportables nécessaires sans délai et à proximité immédiate du lieu d'exploitation.

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. Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien spécialisé, sur place ou dans le local de maintenance, à l'aide de l'outillage prévu dans les instructions de maintenance ainsi que des appareils de mesure et de réglage, et éventuellement des bancs d'essais et de contrôle des équipements et en utilisant l'ensemble de la documentation nécessaire à la maintenance du bien ainsi que les pièces approvisionnées par le magasin.

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 du travail par les organismes spécialisés. Ce type d'intervention peut être effectué par une équipe comprenant un encadrement technique très spécialisé, dans un atelier spécialisé.

5^{ème} niveau :

Rénovation, reconstruction ou exécution des réparations importantes confiées à un atelier central ou à une unité extérieure. Par définition, ce type de travaux est donc effectué par le constructeur, ou par le reconstruteur, avec des moyens définis par le constructeur et donc proches de la fabrication.