



École Nationale des Sciences Appliquées Kenitra
- E.N.S.A -



MANAGEMENT DE LA FONCTION MAINTENANCE

Pr. Maryam GALLAB



Année Universitaire : 2020 / 2021

PLAN DE COURS

I. Concepts et Terminologies

II. Les coûts de la Maintenance

III. Calcul des indicateurs

IV. Total Productive de la Maintenance (TPM)

V. Dossier Machine

VI. GMAO

Evolution de la maintenance

Avant 1900



Dépannages et réparations



1900 à 1970



Entretien : tâche qui consistait à dépanner et à réparer après défaillance.



A partir de 1970



Développement de secteurs à risques :
l'entretien du matériel est inadapté face aux
risques encourus → maîtriser et prévenir les
incidents



Activités de Maintenance

La fonction maintenance : Définitions

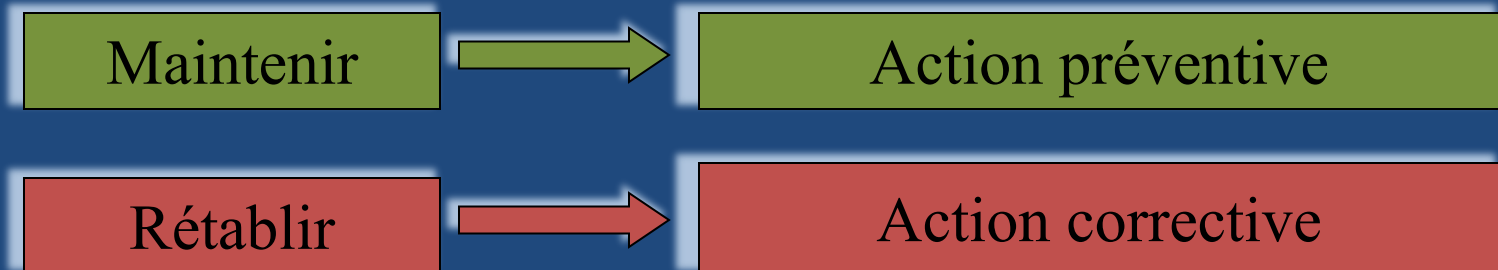
L'ensemble de tout ce qui permet de maintenir ou de rétablir un système en état de bon fonctionnement (LAROUSE) .

L'ensemble de toutes activités techniques, administratives et de gestion durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise (Norme AFNOR NF X60-010).

La fonction maintenance : Définitions

L'ensemble de tout ce qui permet de maintenir ou de rétablir un système en état de bon fonctionnement (LAROUSE) .

L'ensemble de toutes activités techniques, administratives et de gestion durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le **maintenir** ou à le **rétablir** dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise (Norme AFNOR NF X60-010).



La fonction maintenance

SANTE DE L'HOMME



SANTE MACHINE



Naissance

Mise en service

Longévité

Durabilité

Bonne santé

Fiabilité

MEDECINE

MORT <==> REBUT

MAINTENANCE

Terminologie de base

1. Défaillance (failure)

Une défaillance est la cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise.

□ Par la rapidité de manifestation :

- ✓ **Défaillance progressive** : due à l'évolution dans le temps, des caractéristiques (on peut la prévoir);
- ✓ **Défaillance soudaine** : non prévisible;

Terminologie de base

□ Par l'importance :

- ✓ **Défaillance partielle** : Il n'y a pas disparition de toutes les fonctions;
- ✓ **Défaillance complète** : → inaptitude totale vis à vis de toutes les fonctions;

Terminologie de base

□ Par la rapidité

- ✓ **Défaillance catalectique** : soudaine et complète;
- ✓ **Défaillance par dégradation** : progressive et partielle (peut devenir complète)

Terminologie de base

□ Par les effets :

- ✓ **Défaillance mineure** : dommage négligeable au système, pas de risque humain;
- ✓ **Défaillance significative** : dommages significatifs au système, pas de risque humain;
- ✓ **Défaillance critique** : dommages importants au système mais négligeables aux hommes;
- ✓ **Défaillance catastrophique** : dommages importants au système et aux hommes

Terminologie de base

➤ Causes des défaillances

- ❑ La défaillance d'une entité est la conséquence de l'imperfection de celle-ci.
- ❑ Une entité imparfaite est une entité qui contient des erreurs (ou imperfections).
- ❑ Rechercher les causes de défaillance d'une entité : chercher les causes de la présence de ces erreurs.
- ❑ Ces erreurs peuvent être dues à de nombreuses causes qui peuvent être accidentelle, intentionnelles, permanentes ou encore temporaires :
 - ❖ faute de conception ou d'utilisation ;
 - ❖ action de l'environnement ;
 - ❖ défaillance d'un sous ensemble, composant ;

Terminologie de base

➤ Processus d'apparition des défaillances



Terminologie de base

➤ Processus d'apparition des défaillances

Panne :

- L'état de l'entité après l'apparition de sa défaillance .
- Inaptitude d'une entité à accomplir une fonction requise

Terminologie de base

➤ Processus d'apparition des défaillances

Erreur :

- Partie de l'état d'un système qui est susceptible d'entraîner une défaillance.
- Manifestation d'une faute dans un système.

Terminologie de base

2. Bien

Un bien peut être tout élément, composant, mécanisme, sous système, unité fonctionnelle, équipement ou système qui peut être considéré individuellement. Un ensemble d'entités peut aussi être considéré comme une entité.

3. Fonction requise

Une fonction requise est un ensemble de fonctions d'un bien considérées comme nécessaires pour fournir un service donné.

Terminologie de base

4. Cycle de vie

Le cycle de vie d'un bien est un intervalle de temps qui commence à la conception du bien et se termine à son élimination.

5. Stratégie de maintenance

Méthode de management utilisée en vue d'atteindre les objectifs de maintenance.

Terminologie de base

6. Objectifs de maintenance

Buts fixés et acceptés pour les activités de maintenance : la disponibilité, les coûts, la qualité du produit, la protection de l'environnement, la sécurité

Objectifs de la Maintenance

Disponibilité

Qualité

Capacité

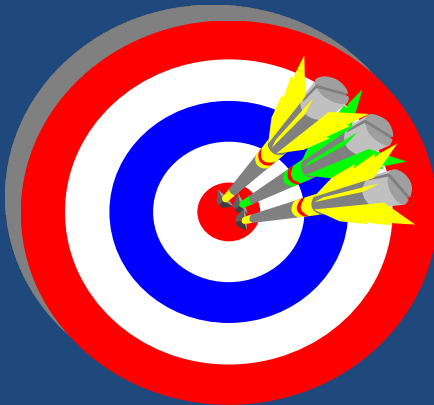
Rentabilité

Sécurité

Environnement

Durabilité

Productivité

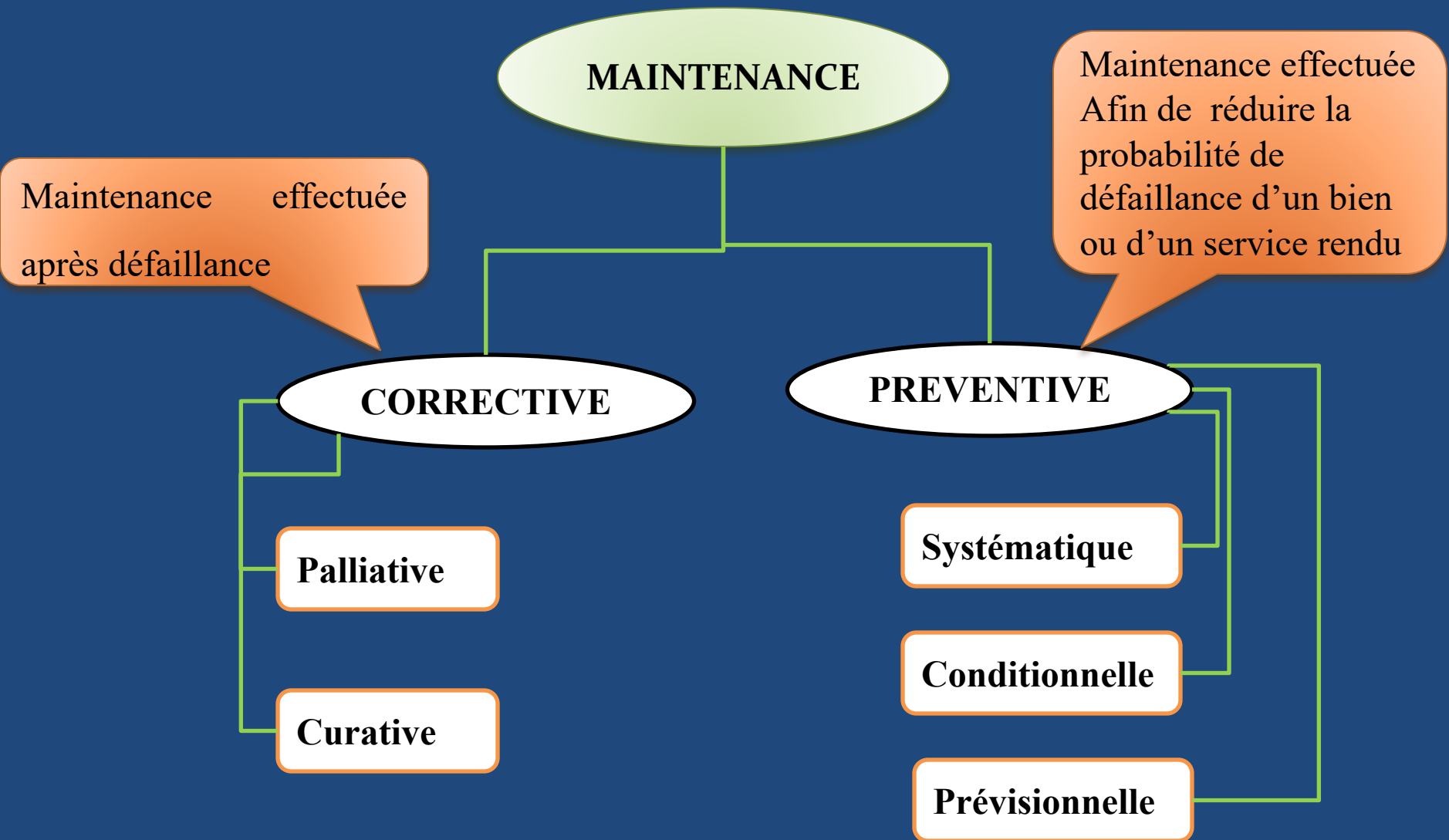


Terminologie de base

8. Logistique de maintenance

Ressources, services et moyens de gestion nécessaires à l'exécution de la maintenance. La logistique de maintenance peut inclure par exemple le personnel, les équipements d'essai, les ateliers, les pièces de rechange, la documentation, les outils, etc.

Types de maintenance industrielle



Types de maintenance industrielle

□ Maintenance corrective

- 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.

❖ Maintenance palliative :

Maintenance effectuée dans un but de dépanner (solution provisoire, défaillance partielle)

❖ Maintenance curative :

Maintenance effectuée dans un but de réparer (remise en état de bon fonctionnement, défaillance totale)

Types de maintenance industrielle

- Notion de correction = notion d'amélioration
- Le dépannage ou la réparation s'effectue par la réalisation :
 - ✓ D'une analyse des causes de défaillance ;
 - ✓ D'une remise en état (dépannage-réparation);
 - ✓ D'une amélioration éventuelle (« correction ») visant à éviter la réapparition de la panne, ou à minimiser ses effets sur le système ;

Types de maintenance industrielle

■ Exemple : Roulement défectueux



en entretien

on le remplace

en maintenance

savoir les causes,
la fréquence, la criticité

Minimiser ses effets

Types de maintenance industrielle

□ Maintenance préventive

- La maintenance préventive est la maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinées à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation de fonctionnement du bien.
- Il s'agit donc d'une intervention de maintenance prévue et programmée avant la date probable d'apparition d'une défaillance.

Types de maintenance industrielle

□ Maintenance préventive

❖ L'objectif :

- ✓ 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 de travaux, donc les relations avec la production ;
- ✓ Réduire et régulariser la charge de travail ;
- ✓ Faciliter la gestion des stocks (consommations prévues) ;
- ✓ Assure la sécurité (moins d'improvisations dangereuses) ;

Types de maintenance industrielle

Maintenance préventive

```
graph TD; A[Maintenance préventive] --> B[Maintenance systématique]; A --> C[Maintenance conditionnelle];
```

Maintenance systématique

Elle est réalisée à des intervalles prédéterminés. L'opération de maintenance est effectuée conformément à un échéancier, un calendrier déterminé a priori.

Maintenance conditionnelle

Elle est subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs de la dégradation ou de la baisse de performance d'une entité.

Types de maintenance industrielle

Paramètres significatifs de dégradation

Des mesures de caractéristiques physiques du système (épaisseur d'un matériau, degré d'érosion, température, pression, vibrations,...).

Des informations sur la durée de vie résiduelle (on parle alors de maintenance prédictive).



Les seuils de décision.

Types de maintenance industrielle

Maintenance préventive

```
graph TD; A[Maintenance préventive] --> B[Maintenance systématique]; A --> C[Maintenance conditionnelle]; A --> D[Maintenance prévisionnelle];
```

Maintenance systématique

Elle est réalisée à des intervalles prédéterminés. L'opération de maintenance est effectuée conformément à un échéancier, un calendrier déterminé a priori.

Maintenance conditionnelle

Elle est subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs de la dégradation ou de la baisse de performance d'une entité.

Maintenance prévisionnelle

Elle est effectuée sur la base de l'estimation du temps de fonctionnement correct qui subsiste avant l'observation de l'événement redouté.

Types de maintenance industrielle

Maintenance préventive

```
graph TD; A[Maintenance préventive] --> B[Maintenance systématique]; A --> C[Maintenance conditionnelle]; A --> D[Maintenance prévisionnelle];
```

Maintenance systématique

Elle est réalisée à des intervalles prédéterminés. L'opération de maintenance est effectuée conformément à un échéancier, un calendrier déterminé a priori.

Maintenance conditionnelle

Elle est subordonnée à l'analyse de l'évolution

Détection → Diagnostic → Intervention

d'une entité.

Maintenance prévisionnelle

Elle est effectuée sur la base de l'estimation du

Prévision → Diagnostic → Intervention

avant l'observation de l'événement redouté.

Types de maintenance industrielle

□ Maintenance préventive

➤ Les méthodes utilisées dans la maintenance préventive et particulièrement la maintenance conditionnelle :

L'analyse des huiles

Mettre en évidence son degré de détérioration et détermine la nature des particules qu'elle véhicule au réservoir.

La mesure des températures

L'analyse des vibrations et du bruit

Collecter des signaux sonores ou vibrations mesurés sur les parties externes de la machine :moteurs, pompes, compresseurs, etc.

Besoins spécifiques de la Maintenance systématique

Périodicité d'intervention

Plans et gammes

Planification

Besoins spécifiques de la Maintenance systématique

Périodicité d'intervention

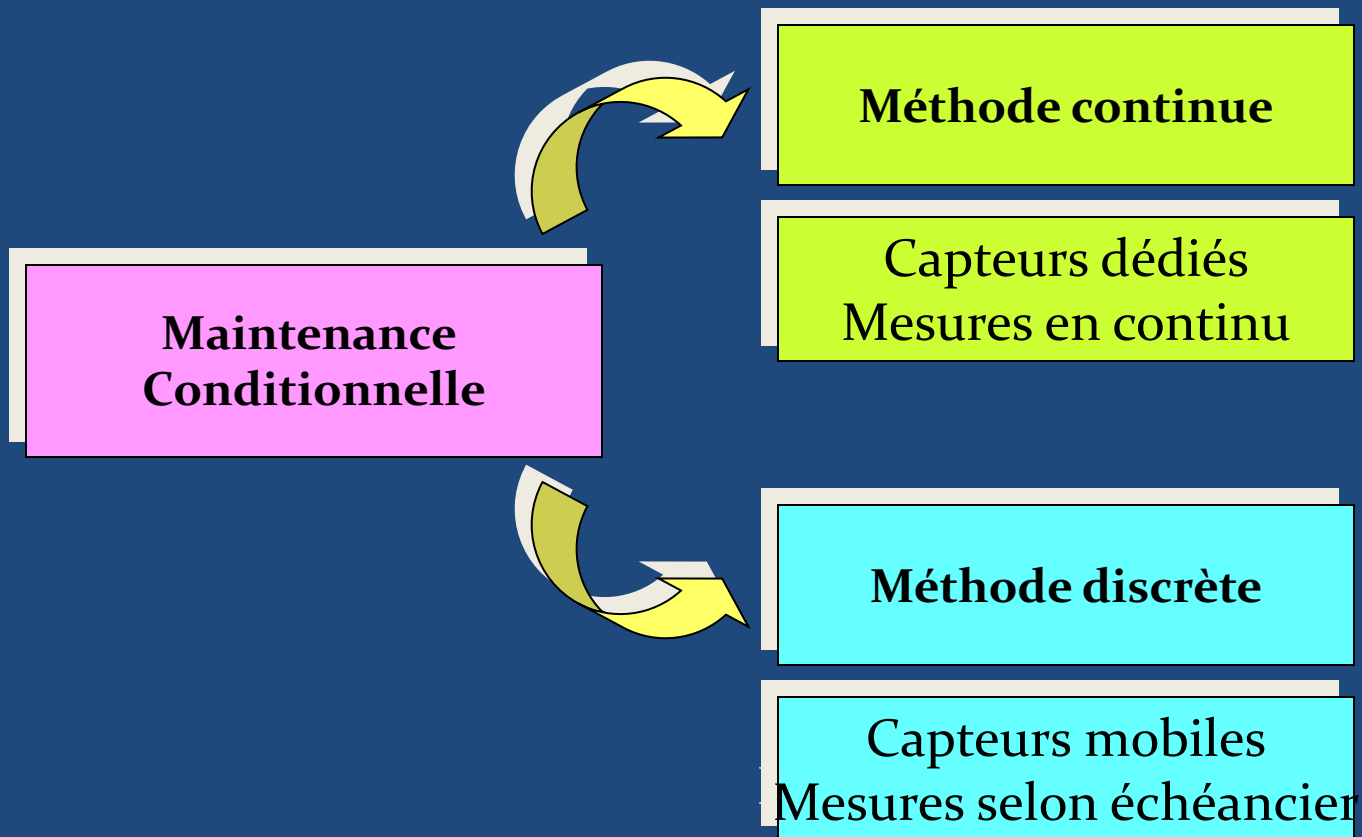


- Préconisations constructeur
- Expérience
- Réglementation

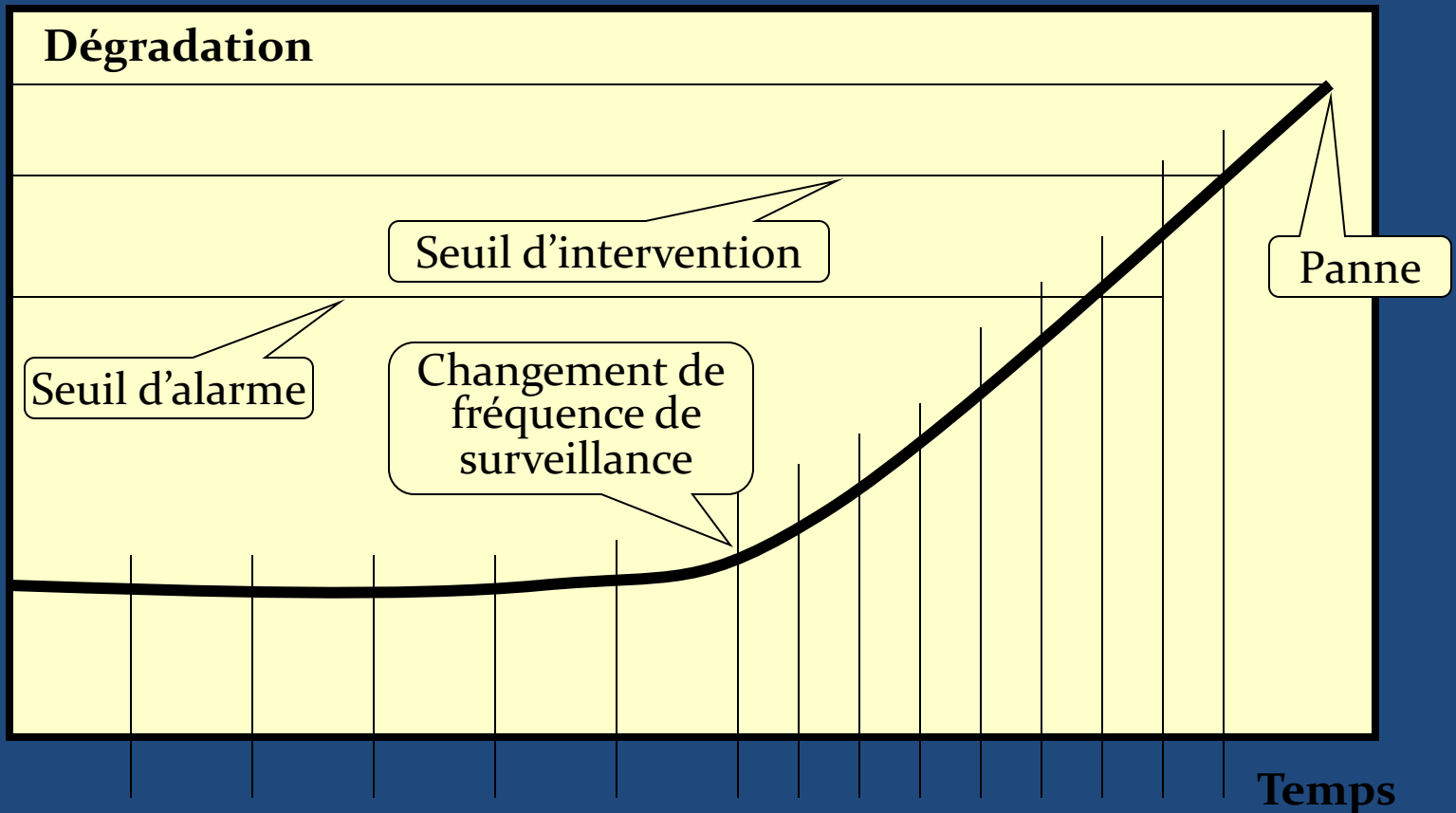
Plans et gammes

Planification

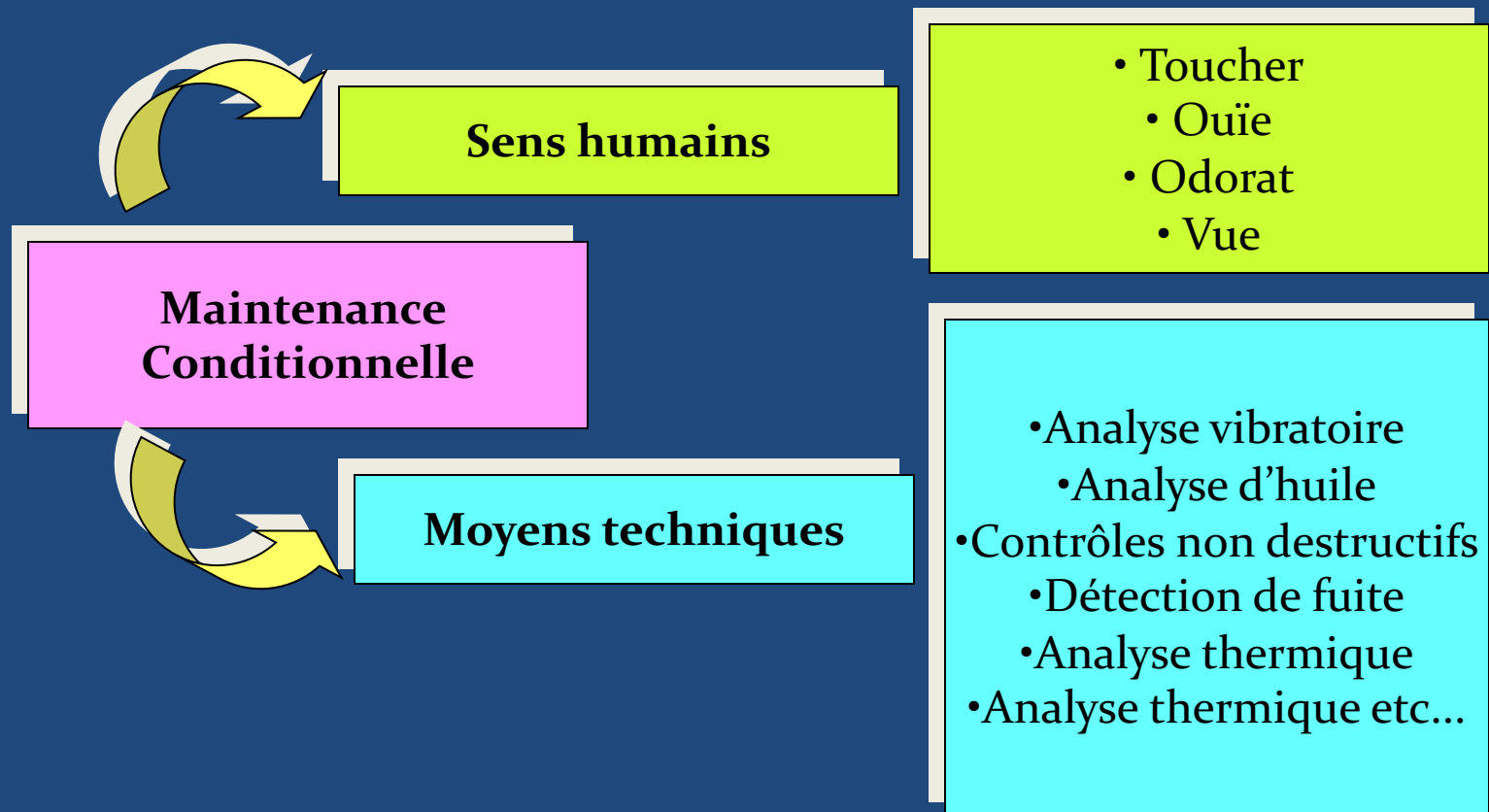
Types de Maintenance conditionnelle



Mesure de défaillance



Moyens de contrôle de la Maintenance conditionnelle



Besoins spécifiques de la Maintenance Conditionnelle

Périodicité de mesure et contrôle

Gammes de mesure et contrôle

Matériel qualifié et étalonné

Opérateurs qualifiés ou certifiés

Procédures d'interprétation

PROCESSUS DE VISITE PREVENTIVE

MATERIEL

MARQUE

DOCUMENT

Machine à poinçonner cambreur

L.P.H.

GAMME TYPE 4

Objet : ANALYSE DE VIBRATIONS

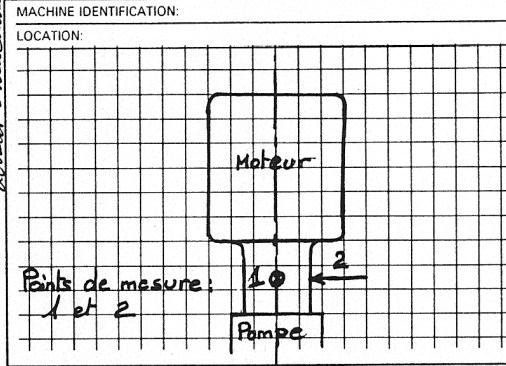
N°	Opérations à effectuer	Outillage
100	CONDITIONS DE VISITE	Se munir de la fiche
101	Machine en cours de fonctionnement	BRUEL et KJAER page ci-contre
200	CONTROLE DU NIVEAU VIBRATOIRE	Mesureur intégrateur
201	Configurer le 2513 en position Acc 100m.s ⁻² LIN Peak-leq	B et K 2513
202	Placer l'accéléromètre au point de contrôle 1 (voir fiche de relevé fig.14)	
203	Faire la mesure jusqu'à stabilisation de l'affichage (60 secondes)	
204	Noter les valeurs lues, en TABLE 2 1 RMS (Valeur de l'accélération efficace) 1 FC (Valeur du Facteur de crête)	
205	Placer l'accéléromètre au point de contrôle 2	
206	Recommencer la mesure en ce point	
207	Noter les valeurs lues, en TABLE 2 2 RMS 2 FC	
208	Ranger le matériel	

MACHINE VIBRATION RECORD

GAMME 4

FICHE DE RELEVÉ ET D'EXPLOITATION

TABLE 1



PROJECTED VIBRATION LIMITS			
MEAS. POINT	HORIZONTAL	VERTICAL	AXIAL
1 RMS	12 m/s ²		
1 FC	17 dB		
2 RMS	12 m/s ²		
2 FC	17 dB		

SWITCH SETTINGS OF TYPE 2513
2516

Acc. 1 km/s²
 100 m/s²
 10 g

Val. 100 mm/s
 10 mm/s
 1 in/s

Sev. H/A Lin

RMS = Max
Peak = Leq

Adaptor

MACHINE SPEED: 1500 RPM
50 Hz

MACHINE LOAD:

Document à conserver dans le dossier - machine

OVERALL VIBRATION LEVELS

TABLE 2

MEASUREMENT POINTS	RMS	HORIZONTAL			
		1	2	3	4
1	AXIAL	1,8	2,4	3	4
	FC	15	15,5	15	16
2	AXIAL	2	2,6	3,2	4
	FC	14,5	15	15,5	16

DATE: 15/4 13/5 10/6 8/7 1988

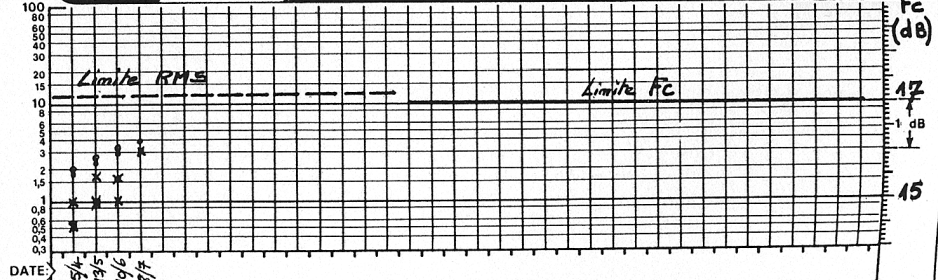
SIGN: *[Signatures]*

RMS m/s²

FULL SCALE →

VIBRATION DEVELOPMENT

TABLE 3

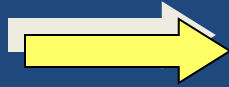


KEY	MEAS. POINT	HORIZONTAL	VERTICAL	AXIAL	COMMENTS
•	1	x			Mesure RMS point 1 (m/s ²)
○	2	x			Mesure RMS point 2 (m/s ²)
x	1	x			Mesure Facteur de crête Fc (dB) point 1
X	2	x			Mesure Facteur de crête Fc (dB) point 2
□					
△					



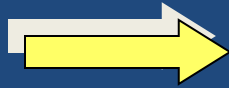
Les 5 M

M



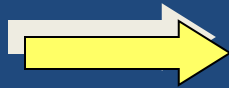
Moyens - Means- Machines

M



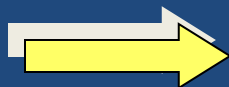
Main-d'œuvre - Manpower- Men

M



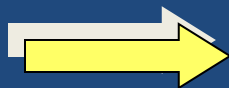
Matière - Material

M



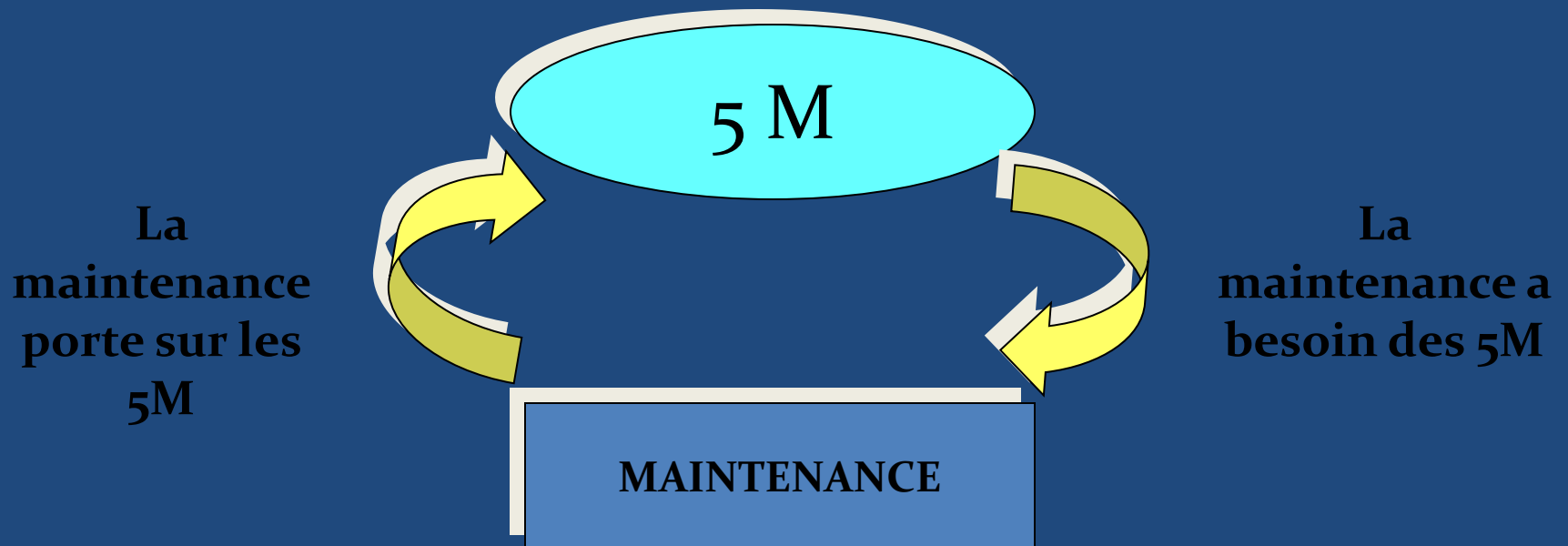
Méthodes -Methods

M



Milieu - Medium

La Maintenance et les 5 M



Maîtrise de la Maintenance

La maîtrise de la Maintenance requiert
la maîtrise des 5 M qu'elle exploite

Moyens

Gestion des équipements et outillages

Main-d'œuvre

Gestion des Ressources Humaines

Matière

Gestion des stocks

Méthodes

Gestion documentaire

Milieu

Gestion des locaux et installations

Maîtrises par la Maintenance

Maîtrise d'acquisition

Maîtrise d'installation

Maîtrise d'exploitation

Maîtrise de Fin de Vie

Maîtrise du Fonctionnement

Maîtrise des arrêts





Les niveaux de maintenance

AFNOR X 60- 000

Le 1^{er} niveau

- Actions simples nécessaires à l'exploitation
- Effectué par l'utilisateur du bien;

- ✓ Réglage simple (prévu par le constructeur);
- ✓ Remplacement de consommables;
- ✓ Échange d'équipements accessibles en toute sécurité;
- ✓ ex. remplacement des ampoules;
- ✓ ex. ajustage;

Les niveaux de maintenance

Le 2^{ème} niveau

- Procédures simples,
- Effectué par un personnel qualifié avec les procédures détaillées et les équipements de soutien;

- ✓ Dépannage ou remplacement;
- ✓ Contrôle de bon fonctionnement sur le matériel;
- ✓ Intervention mineure de maintenance préventive;
- ✓ Contrôle de paramètres sur équipements

Les niveaux de maintenance

Le 3^e niveau

- Procédures complexes et ou des équipements de soutien;
- Technicien qualifié à l'aides procédures détaillées;

- ✓ Identification et diagnostic de pannes;
- ✓ Réparation par échange de composants fonctionnels;
- ✓ Réparation mécanique mineure;
- ✓ Réglage, réétalonnage des mesures;
- ✓ ex. Réparation d'une fuite;
- ✓ ex. Contrôle d'allumage (chaudière);

Les niveaux de maintenance

Le 4^e niveau

- Procédures impliquent des techniques particulières;
- Technicien ou une équipe spécialisée à l'aide de toutes instructions de maintenance générales ou particulières;

- ✓ Intervention de type spécialisé;
- ✓ Réglage d'instruments de mesure;
- ✓ Vérification d'étalons;
- ✓ ex. réparation d'une pompe sur site,
- ✓ ex. analyse vibratoire;
- ✓ Travaux importants de maintenance corrective ou préventive

Les niveaux de maintenance

Le 5^e niveau

- Procédures impliquent des techniques particulières, savoir faire,
- Constructeur ou par un service ou société spécialisée avec des équipements de soutien définis par le constructeur;

- ✓ Travaux importants de rénovation ou de reconstruction;
- ✓ Retour en usine ou en atelier central de maintenance ;
- ✓ Intervention de grande maintenance;
- ✓ Remise à neuf

Les niveaux de maintenance

Décomposition différente

Classe 1. Les opérations de maintenance simples (réglages, remplacements de consommables, graissages, etc.). Les niveaux 1 et 2 de la classification en 5 niveaux ;

Classe 2. Les opérations de maintenance de complexité moyenne (réparations de composants, contrôles intrusifs, examens des parties internes d'un matériel, visites, etc.). Les niveaux 3 et 4 de la décomposition en 5 niveaux ;

Classe 3. Les opérations de maintenance majeures qui s'identifient au niveau 5 et qui sont généralement effectuées par le constructeur ou des sociétés spécialisées.