

**Robert LEGENDRE**

**Organisation  
de la  
Maintenance**

# Organisation de la Maintenance

Editeur : 979-10-96361

ISBN : 979-10-96361-02-1

EAN : 9791096361021

**R.LEGENDRE** 38 Rue Taine 75012 PARIS Tél 01 43 40 54 56  
Legendre38@yahoo.fr

# Préface

Ingénieur, **Robert Legendre** a eu une carrière s'étalant sur près de 50 années.

Il a d'abord travaillé en conception, production et maintenance dans des usines en France, Angleterre, Etats-Unis et Belgique et dans ce cadre il a aussi réalisé des audits de productivité en Allemagne, Suède, Ecosse et Mexique.

Après ces expériences opérationnelles Robert Legendre a alors exercé la fonction d'ingénieur conseil en maintenance pendant plus de 28 ans comme salarié, directeur d'un cabinet puis à son compte. De ce fait il est intervenu dans environ 350 usines d'industries diverses : grosse mécanique, automobile, chimie, sidérurgie, papeterie, verrerie, mécanique, transformations diverses, fonderie, raffinerie, agro-alimentaire, cimenteries, divers.

Il a particulièrement réalisé de très nombreuses applications d'organisation de la maintenance, d'étude de la maintenance préventive et de fiabilisation, en France et à l'étranger. Dans les années 80 il a participé à la rédaction de « Comment augmenter sa productivité par la maintenance » puis il a réalisé « Les cahiers de la maintenance » et « La maintenance de A à Z » dans les années 90.

Ce nouvel ouvrage est enrichi par les nouvelles expériences et recherches de l'auteur.

R. LEGENDRE

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Legendre' with a stylized flourish at the end.

# Sommaire

	Page
<b>Définition et coûts de la maintenance</b> .....	5
▪ Définition.....	6
▪ Différentes activités.....	7
▪ Différents coûts de maintenance.....	8
▪ Types de maintenance selon Afnor.....	10
<b>Types et méthodes de maintenance</b> .....	11
▪ Défaillances.....	11
▪ Temps relatifs à la maintenance..... ;.....	12
▪ Ensemble des méthodes de maintenance.....	13
<b>Choix de base</b> .....	15
▪ Faire ou faire faire ?.....	16
▪ Polyvalence ou professionnalisme ?.....	22
▪ Dépanneurs ou astreinte ?.....	24
▪ Centralisation ou décentralisation ?.....	26
▪ Auto-maintenance (TPM) ou non ?.....	29
<b>Mission et responsabilités du service Maintenance</b> .....	35
▪ Comment concevoir la mission du service Maintenance.....	36
▪ Responsabilités du service Maintenance.....	38
▪ Objectifs et priorités de la maintenance.....	38
<b>Structure du service Maintenance</b> .....	39
▪ Répartition des tâches et activités.....	40
▪ Exemples de structures.....	45
▪ Maintenance et ses interfaces.....	50
▪ Comment quantifier la structure.....	52
<b>Deux impératifs de maintenance</b> .....	54
▪ Nomenclature fonctionnelle.....	55
▪ Demandes et ordres de travaux.....	60
<b>Différents moyens d'organisation</b> .....	72
▪ Documentation.....	73
▪ Gestion et formation du personnel.....	80
▪ Préparation des travaux prévus.....	98
▪ Préparation des dépannages.....	109
▪ Planification.....	119
▪ Gestion des stocks.....	134
▪ Tableau de bord.....	159
▪ Réunions de coordination.....	178
<b>Maintenance Préventive</b> .....	181
▪ Maintenance conditionnelle.....	182
▪ Maintenance systématique.....	186
<b>GMAO</b> .....	201

<b>Méthodes d'études</b> .....	220
▪ Analyse causale.....	221
▪ Amdec.....	230
▪ Grille des coûts.....	239
<b>Annexe</b> .....	243
▪ Modes opératoires.....	243

Nombre total de pages : 287

# Définition et coûts de la maintenance

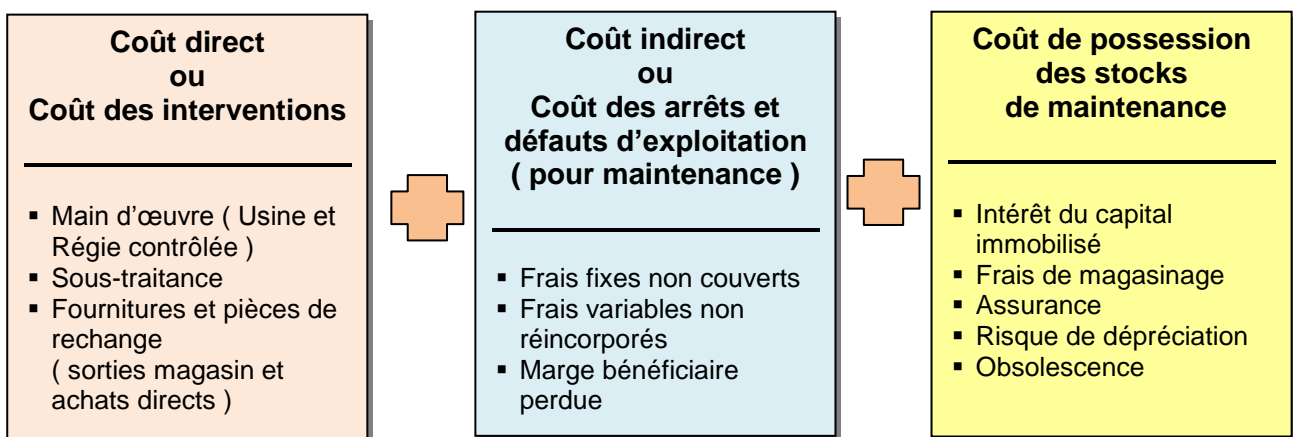
	Page
Définition.....	6
Différentes activités.....	7
Coûts de maintenance.....	8
Types de maintenance.....	10

## Définition

La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé.

Nous dirons également que : **maintenir du matériel, ce n'est pas dépanner ou guérir ; c'est effectuer des opérations ( dépannage, graissage, visite, réparation, amélioration, etc. ) qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de l'exploitation ( fabrication ou service ).**

Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au **coût global optimum**.



Chacun de ces trois éléments est en relation avec les deux autres.

Exemples :

- si le coût des stocks est bas, peut-être manque-t-on de pièces de rechange, ce qui a une incidence sur le coût indirect ;
- si le coût direct est faible, peut-être ne fait-on pas assez de maintenance préventive au détriment du coût indirect ;
- etc.

C'est pourquoi il est toujours recommandé que le Chef maintenance ait la responsabilité de la gestion des stocks de maintenance.

## Différentes activités

### Classement suivant les natures de travaux et d'activités

Il s'agit de faire la distinction entre le Coût total pris en charge par le service maintenance ( ou chiffre d'affaires « entretien » ) et le Coût de maintenance :

#### 1. Maintenance courante

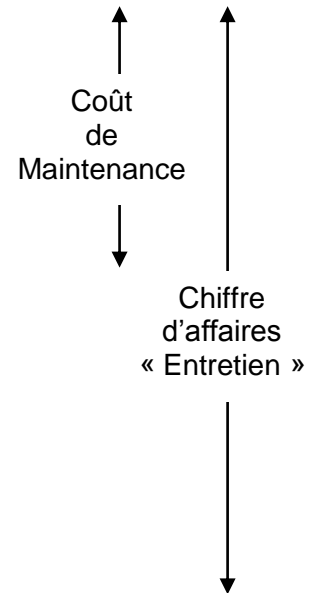
- 1.1. Dépannage
- 1.2. Réparations hors dépannage ( on peut faire la distinction entre les suites à visites et les réparations pour correctif )
- 1.3. Visites préventives et graissage
- 1.4. Modifications pour raisons de maintenance

#### 2. Gros entretien ( souvent en partie des travaux de maintenance et en partie des travaux de modifications )

#### 3. Prestations pour travaux neufs

#### 4. Prestations diverses

- 4.1. Modifications pour raisons d'exploitation
- 4.2. Modifications pour sécurité
- 4.3. Modifications pour hygiène-environnement
- 4.4. Interventions sur outillages
- 4.5. Etc.



### Classement suivant les natures de dépenses

- Coût main d'œuvre
- Coût des sorties magasin
- Coût des achats directs ( de pièces et fournitures )
- Coût de la sous-traitance maintenance, en distinguant au moins deux types :
  - sous-traitance au forfait,
  - sous-traitance en régie contrôlée,afin de pouvoir cerner au mieux le niveau de main d'œuvre.



## Différents coûts de maintenance

### Coût direct

C'est le coût des prestations :

- la main d'œuvre ( frais de structure et main d'œuvre opérationnelle )
- les sorties de magasins,
- les achats directs,
- la sous-traitance ( régie contrôlée, forfaits, bordereaux, etc. )

Le coût main d'œuvre peut être calculé de deux manières différentes.

#### Entreprises ayant peu de sous-traitance maintenance

Il y a un seul budget de maintenance, et le coût main d'œuvre est calculé de la manière suivante :  
Nombre d'heures opérationnelles x Taux horaire.

Pour le calcul de ce taux horaire, on détermine d'abord le coût de fonctionnement du Service Maintenance qui est la somme des éléments suivants :

Salaires + charges sociales

- + Frais de structure Maintenance
- + Coût d'amortissement des bureaux, ateliers et machines du service Maintenance
- + Coûts divers : formation, fournitures, etc.
- + Consommables ( les petites pièces ) *pas dans toutes les entreprises*
- + Energie consommée par la maintenance
- + Charges réparties de l'usine ou administration ( direction, personnel, comptabilité, salaires, etc.)  
*pas dans toutes les entreprises*
- + Charges imputées par le siège, *pas dans toutes les entreprises*

Cette somme est divisée par le nombre d'heures opérationnelles prévisionnelles, ce qui donne un taux horaire pour l'exercice ( parfois modulé suivant les spécialités )

#### Entreprises ayant beaucoup de sous-traitance maintenance

Si tout était sous-traité, le calcul précédent donnerait un taux horaire infini.

Dans ce cas, on a donc deux budgets maintenance :

- un budget de coût variable, avec un taux horaire qui est simplement égal aux salaires + charges sociales,
- un budget dit de « frais généraux de maintenance » où l'on retrouve les coûts de structure.

Les quelques remarques précédentes montrent combien il est difficile de comparer des coûts de maintenance entre entreprises différentes.

De plus :

- souvent le coût direct de maintenance est pollué par des éléments divers dont les petites modifications pour raisons d'exploitation, de sécurité, de conditions de travail,
- le coût des prestations de maintenance faites par le personnel d'exploitation n'est souvent pas connu,
- parfois les coûts des sorties magasins sont faux du fait de l'existence de « magasins pirates » et de l'imputation à l'achat de pièces de rechange sur des sections d'exploitation.

### Coût indirect

Le coût indirect est le coût des arrêts et défauts d'exploitation pour raison de maintenance.

Il comprend :

- Les frais fixes non couverts ( amortissement du matériel, frais de structure )

- Les frais variables non réincorporés ( personnel de fabrication en attente, matière perdue, frais énergétiques,...)
- La marge bénéficiaire perdue.
- 

Remarquons que le taux horaire de production peut varier suivant les besoins de l'entreprise et l'engagement du matériel.

Les pertes de temps connues et mesurées sont généralement :

- arrêts programmés,
- pannes, sur lesquelles intervient le service Maintenance,
- pannes, sur lesquelles intervient directement l'Exploitation ( parfois )

Mais toutes les pertes ne sont pas identifiées correctement et notamment :

- pertes de temps dues à la maintenance :
  - micro-arrêts,
  - ralentissements,
  - aléas divers.
- pertes de qualité dues à la maintenance :
  - rebuts,
  - seconds choix,
  - retravail.

### **Coût des stocks de maintenance**

C'est la valeur des pièces mises en stock, neuves ou réparées.

### **Coût de possession des stocks de maintenance**

Le coût de possession des stocks de maintenance comprend :

- L'intérêt du capital immobilisé ;
- Les frais de magasinage.
- Les frais d'assurance.
- L'obsolescence ( pièces abandonnées quand le matériel est désinstallé )
- Le risque de dépréciation.

En général le coût de possession est égal entre 15 et 20% de la valeur du stock / an.

### **Valeurs pour comparaisons**

#### **Valeur réactualisée du matériel**

Il s'agit de la valeur à neuf, ou valeur de remplacement, du matériel hors génie civil.

Elle est recalculée par l'assureur chaque année.

On situe généralement le coût de maintenance par rapport à cette valeur réactualisée, pour un même niveau d'activité ( 5 jours / semaine ) ou feu continu.

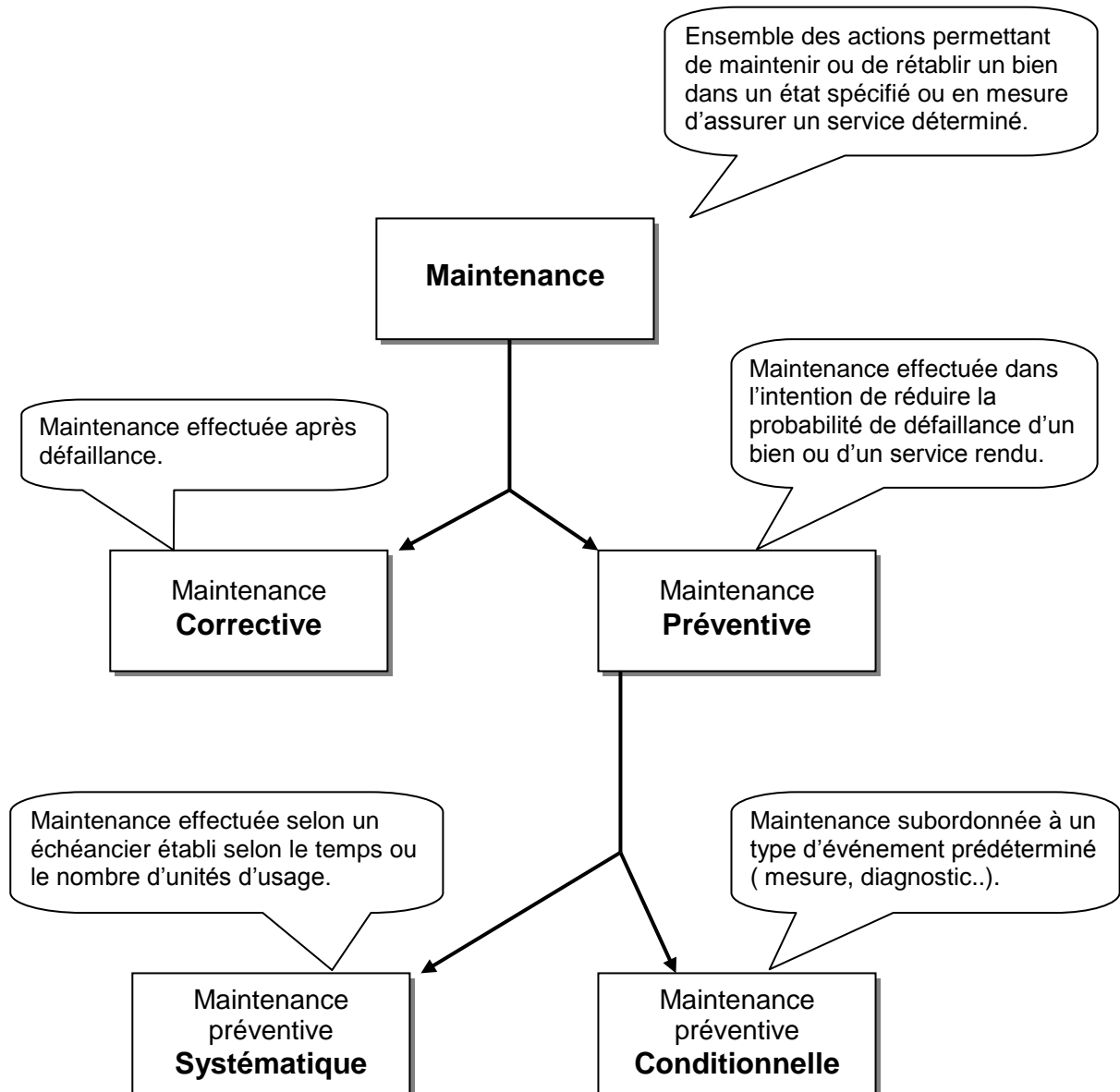
#### **Valeur ajoutée d'exploitation**

Le « prix de revient usine, ou administration » comprend les paramètres suivants : matières premières d'exploitation – matières auxiliaires d'exploitation – matières consommables d'exploitation – opérations d'exploitation – énergie et fluides – amortissement du matériel – maintenance du matériel ( main d'œuvre, fournitures, pièces de rechange, sous-traitance ) – manutention, transports – sécurité, hygiène – environnement – formation – frais généraux.

La valeur ajoutée d'exploitation, ou coût de transformation, est égale à ce prix de revient usine ou administration moins le coût des matières premières.

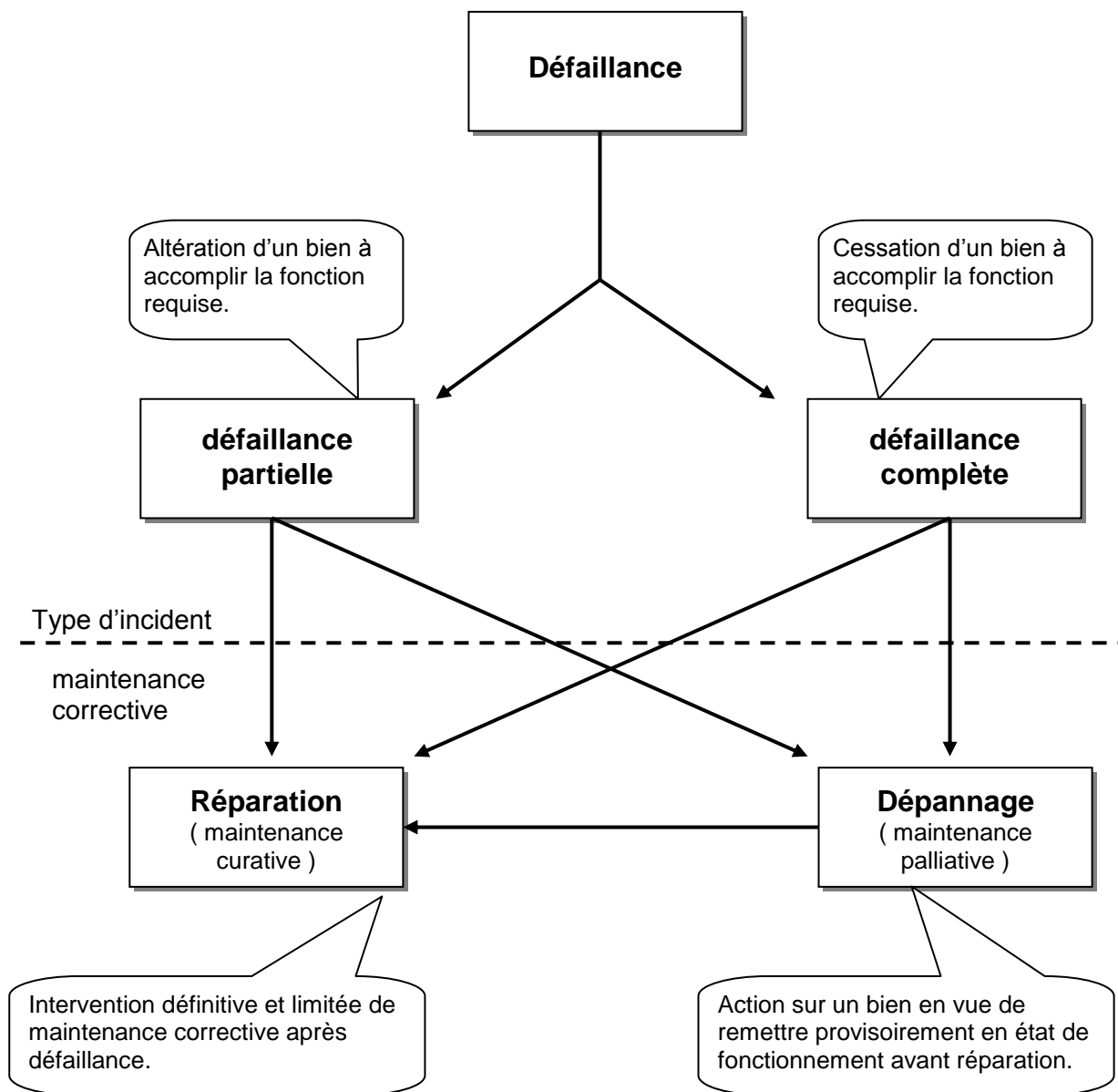
## Types de maintenance selon Afnor

### Types de maintenance ( Norme Afnor )

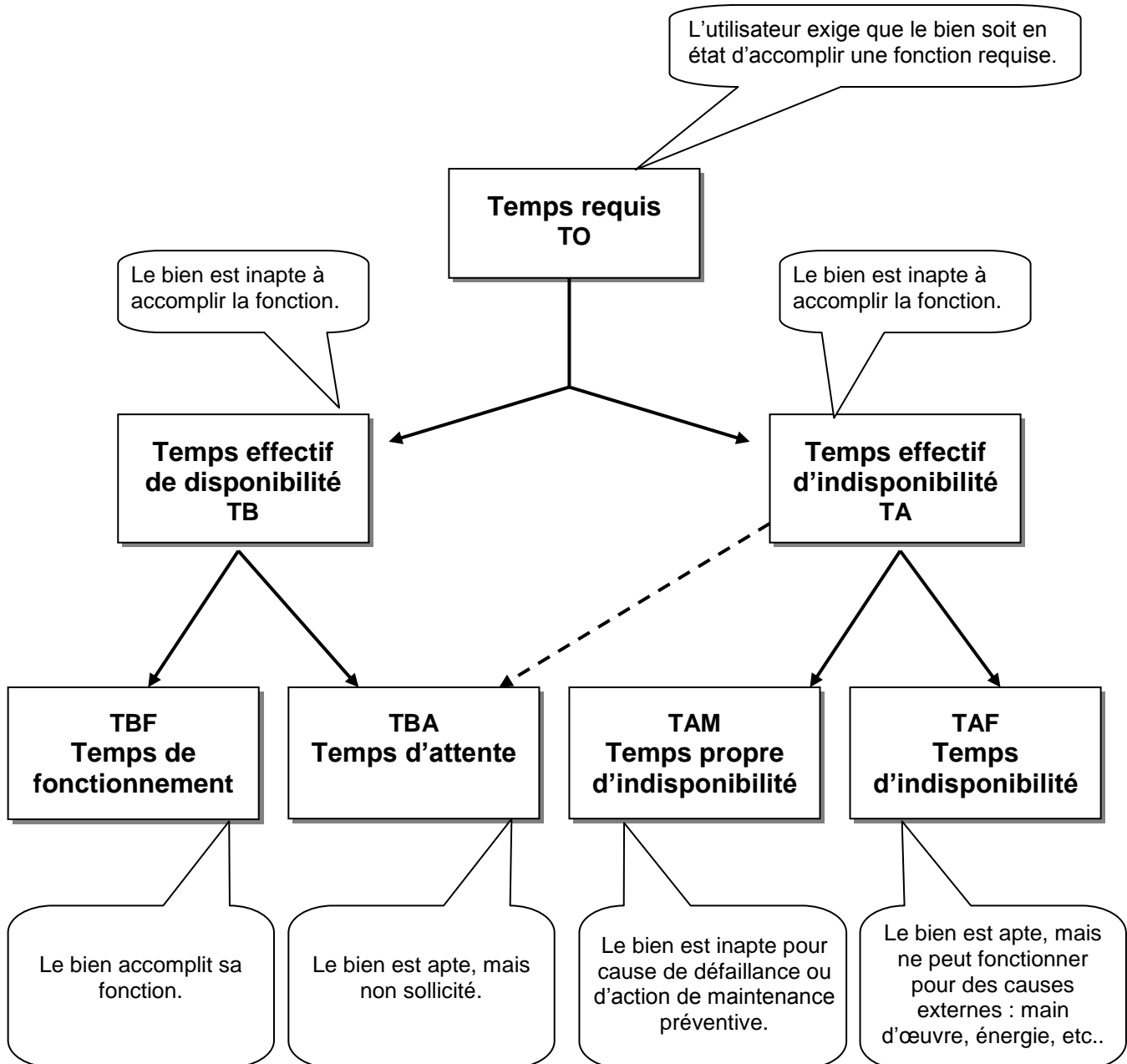


# Types et méthodes de maintenance

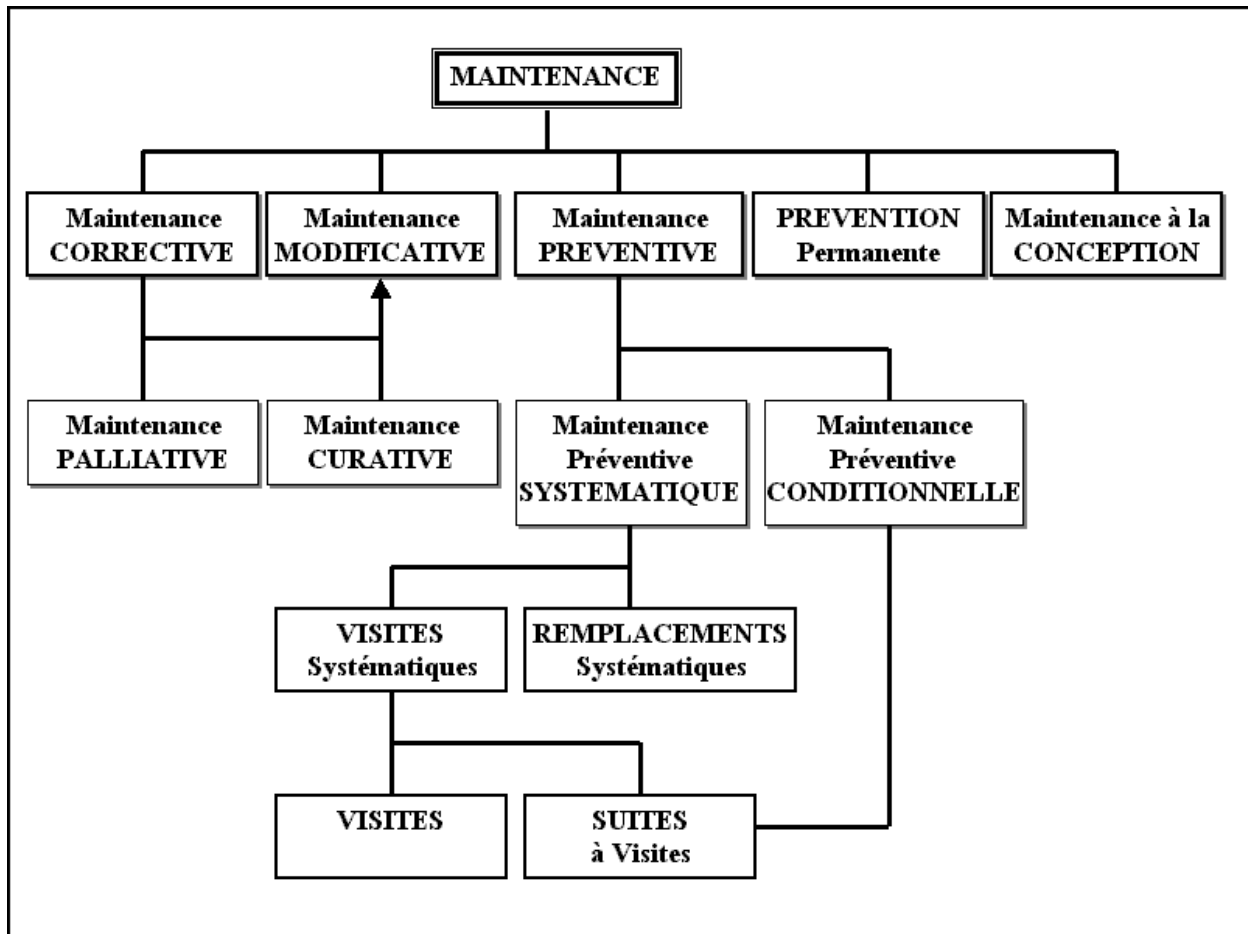
## Défaillances ( Norme Afnor )



## Temps relatifs à la maintenance ( Norme Afnor )



## Ensemble des méthodes de maintenance



### Maintenance corrective

Maintenance effectuée après défaillance.

Elle comprend :

- la maintenance palliative, c'est-à-dire les dépannages ;
- la maintenance curative, c'est-à-dire les réparations sur site ou en atelier.

### Maintenance modificative

C'est le rôle de la maintenance de toujours améliorer la situation concernant le matériel en :

- améliorant la fiabilité par des analyses de défaillances, une amélioration du savoir-faire, etc.
- améliorant la maintenabilité, notamment les méthodes et outils de maintenance.

## Maintenance préventive

Maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou d'un service rendu.

## Prévention permanente

La prévention permanente a tout simplement pour but de donner au matériel ce dont il a besoin pour bien se comporter d'une manière permanente.

Le graissage et la lubrification en font partie, ainsi que le nettoyage, les contrôles de pressions, etc.

## Maintenance à la conception

La prise en compte de la maintenance à la conception est importante, car à ce moment-là les gains potentiels sont très importants.

Il est connu que les coûts d'exploitation du matériel se créent au tout début des études : dépenses réelles faibles, mais coûts induits déjà définis à plus de 70%.

C'est pourquoi, il est nécessaire d'apporter le maximum de réflexion dans les premières phases : définition des spécifications – conception-études.

Pour atteindre cet objectif il est souhaitable d'établir :

### Un Cahier des charges Maintenance à la Conception

- ❑ Objectifs de fiabilité et disponibilité.
- ❑ Marche en mode dégradé de fonctionnement
- ❑ Règles de maintenabilité
  - Modularité
  - Implantation
  - Accessibilité
  - Sécurité
  - Manutention
  - Standardisation
  - Repérage
- ❑ Aides à la maintenance conditionnelle et au diagnostic
- ❑ Aides à l'exploitation
  - Documentation technique
  - Plan de maintenance des équipements
  - Formation
- ❑ Procédures de réception spécifique maintenance

### Des standards techniques

- ❑ Ils sont établis par technologies.
- ❑ Ils comprennent, en principe, les thèmes suivants :
  - Plans et schémas.
  - Spécifications générales suivant la technologie.
  - Spécifications particulières suivant les équipements.
  - Matériels imposés.
  -

# Choix de base

	Page
<b>Faire ou faire faire ? .....</b>	<b>16</b>
<b>Polyvalence ou professionnalisme ? .....</b>	<b>22</b>
<b>Dépanneurs ou astreinte ? .....</b>	<b>24</b>
<b>Centralisation ou décentralisation ? .....</b>	<b>26</b>
<b>TPM (auto-maintenance) ou non ? .....</b>	<b>29</b>



# Faire ou faire faire ?

## Pourquoi sous-traiter ?

Très couramment, on fait appel à la sous-traitance en maintenance.  
Les motivations justifiées sont les suivantes.

- Surcharge momentanée.
- Raison technique.
- Raison sociale.
- Raison stratégique.

### ➔ Surcharge momentanée

Face à une pointe de travaux, le personnel interne étant insuffisant, on est obligé de faire appel à l'extérieur pour la réalisation. C'est le cas des grands arrêts.

Mais cela ne peut être dû qu'à des cas très momentanés.

Pour limiter ces cas, coûteux, il faut bien veiller à la planification pour lisser la charge préventive et curative.

### ➔ Raison technique (en dehors de la période de garantie)

#### ***Connaissance du matériel***

Pour certains matériels que l'on ne connaît pas bien, il est recommandé de faire appels à des sociétés spécialisées.

L'appel aux constructeurs se justifie souvent, mais il faut être prudent. Il est préférable de regarder d'abord ce dont il s'agit et les possibilités offertes par le personnel interne ou la sous-traitance locale, avant d'appeler le constructeur (les constructeurs allemands se sont spécialisés dans la sous-traitance coûteuse par exemple).

#### ***Moyens nécessaires***

La nécessité de certains moyens ( grues, nacelles, moyens de contrôles...) justifie parfois l'appel à la sous-traitance.

#### ***Habilitation technique***

Certains travaux nécessitent une habilitation que l'on n'a pas en interne.  
C'est le cas de travaux HT ou de certaines soudures.

### ➔ Raison sociale

Pour ne pas faire prendre de risques au personnel interne, on préfère parfois faire appel à l'expérier. C'est le cas des travaux en hauteur ou dans des cavités.

### ➔ Raison stratégique

La Direction souhaite avoir un « matelas » de sous-traitance sur lequel elle peut agir en cas de perte d'activité de l'entreprise.

### Coût de la sous-traitance

Certaines directions croient que la sous-traitance coûte moins cher que les prestations internes et que son efficacité est meilleure. Cela est faux.

Souvent le taux horaire de l'entreprise comprend les éléments suivants (pas toujours) :

- Salaires + charges sociales
  - + Frais de structure Maintenance
  - + Coût d'amortissement des bureaux, ateliers et machines du service Maintenance
  - + Coûts divers : formation, fournitures, etc.
  - + Consommables ( les petites pièces ) *pas dans toutes les entreprises*
  - + Energie consommée par la maintenance
  - + Charges réparties de l'usine ou administration ( direction, personnel, comptabilité, salaires, etc.) *pas dans toutes les entreprises*
  - + Charges imputées par le siège, *pas dans toutes les entreprises*.
- Pour faire une comparaison avec la sous-traitance il faut en extraire les seuls salaires.

Le taux horaire de la sous-traitance comprend :

- Salaires + charges sociales
- + Frais de déplacement
- + Frais de panier (parfois)
- + Coût de la maîtrise affectée au chantier.
- + Charges de la société sous-traitante et bénéfice.

Il n'y a pas de raison pour que les salaires de la société de sous-traitance soit inférieurs à ceux de la société qui sous-traite d'une manière significative.

Par ailleurs, lorsqu'il y a sous-traitance certains travaux doivent être faits : plan prévention, permis de travail, consignation, contrôles du chantier.

D'autre part on est plus sûr d'avoir un travail de qualité avec du personnel qui connaît bien le matériel.

L'externalisation est une forme de sous-traitance où le service maintenance n'est plus interne mais externe à l'entreprise. Ses principes d'organisation sont les mêmes.

## Différentes formes

### Dépenses contrôlées

La facturation est faite suivant le temps passé. L'inconvénient majeur est que le sous-traitant cherche bien sûr à augmenter ce temps.

Des formules de réductions progressives du coût sont possibles si :

1. le périmètre des travaux est bien défini ;
2. le contrat est pluriannuel ;
3. le sous-traitant y trouve un intérêt (formule d'intéressement)

### Forfait

Le prix est fixé forfaitairement soit pour une période, soit par travail ou ensemble de travaux.

L'inconvénient majeur est que trop souvent la part de risque est comprise dans le forfait.

Des formules de réductions progressives du coût sont possibles si :

1. le périmètre des travaux est bien défini ;
2. le contrat est pluriannuel ;
3. le sous-traitant y trouve un intérêt (formule d'intéressement)
4. un suivi par attachement complète le dispositif si l'intéressement concerne fiabilité et productivité.

## **Bordereau**

Des nombres de points sont affectés à des types d'opérations. La valeur en euros du point change chaque année.

Dans l'industrie chimique, une très grande partie de la sous-traitance est faite au bordereau.

Des formules d'intéressement existent mais elles sont liées à l'amélioration de la fiabilité et non de la productivité puisque le nombre de points est fixé.

## **Cost & fee**

Cette formule comporte deux composantes :

1. Une **partie fixe** qui couvre la marge brute du sous-traitant.
2. Une **partie variable** qui ne couvre que le coût social du travail. Cette partie peut être sous forme de dépenses contrôlées ou de bordereaux.

Son intérêt est que le sous-traitant n'a pas intérêt à augmenter le nombre d'heures car il n'en retire aucun bénéfice.

Elle peut être complétée par un bonus-malus.

## **Réajustement annuel**

Exemple : pour un périmètre de travaux bien défini, le nombre d'heures annuel est fixé à 10 000.

- Si le sous-traitant réalise 8 000, il est payé 10 000, mais le contrat est reconduit l'année suivante sur base de 9 000 heures.
- Si le sous-traitant réalise 12 000, il est payé 10 000, mais le contrat est reconduit l'année suivante sur base de 11 000 heures.

Généralement il y a des clauses de bonus-malus complémentaires.

## **Contenu type d'un contrat**

1. Définitions
2. Objectifs de la société
3. Objet du contrat
  - 4.1. Mission du prestataire
  - 4.2. Biens concernés
  - 4.3. Etendue des prestations confiées au prestataire
5. Organisation et Réalisation du travail
  - 5.1. Responsabilité générale du prestataire
  - 5.2. Fournitures assumées par les deux parties
  - 5.3. Personnel et réunions de coordination
  - 5.4. Gestion des travaux à réaliser

- 5.5. Qualité et contrôles
6. Clauses de progrès
7. Clauses de sécurité et hygiène
8. Tableau de bord
9. Conditions financières
10. Facturation et paiement
11. Conditions générales
12. Durée du contrat
13. Conciliation / attribution de compétence
14. Annexes

## **Plan de prévention**

Avant le début des travaux, un **Plan de Prévention** doit être établi dans les 2 cas suivants :

- le nombre total d'heures de travail prévu pour réaliser les travaux est au moins de 400 heures sur 12 mois ;
- les travaux concernés figurent sur la liste des travaux dangereux fixés par l'arrêté du 19 mars 1993.

### **Article R.4512-6** du Code du Travail : Plan de prévention

Cet article précise que **dans tous les cas d'intervention d'entreprises extérieures au sein d'une entreprise utilisatrice**, et ce quel que soit le nombre d'heures travaillées et la nature des travaux effectués, à la charge de l'entreprise utilisatrice il faut, préalablement aux travaux, organiser une inspection des lieux d'interventions avec toutes les entreprises extérieures qui seront appelées à intervenir. Cette concertation doit permettre d'identifier et d'analyser les risques d'interférence entre les activités, les installations, et de mettre en place des mesures de prévention.

L'article R.4512-6 dit explicitement :

«Au vu de ces informations et des éléments recueillis au cours de l'inspection, les chefs d'entreprises procèdent en commun à une analyse des risques pouvant résulter de l'interférence entre les activités, les installations et matériels. Lorsque ces risques existent, les employeurs arrêtent d'un commun accord, avant le début des travaux le plan de prévention définissant les mesures qui doivent être prises par chaque entreprise en vue de prévenir ces risques...»

### **Article R.4512-7** du Code du Travail : Plan de prévention écrit

Par cet Article le législateur détermine les **deux cas** pour lesquels le plan de prévention doit nécessairement être établi **par écrit** avant le commencement des travaux :

1. Dès lors que l'opération à réaliser par les entreprises extérieures, y compris les entreprises sous-traitantes auxquelles elles peuvent faire appel, représente un **nombre total heures de travail prévisible égal au moins à 400 heures** sur une période inférieure ou égale à douze mois, que les travaux soient continus ou discontinus. Il en est de même dès lors qu'il apparaît, en cours d'exécution des travaux, que le nombre d'heures de travail doit atteindre 400 heures ;
2. **Quelle que soit la durée prévisible de l'opération**, lorsque les travaux à accomplir sont au nombre des travaux dangereux figurant sur une liste fixée, respectivement, par arrêté du ministre chargé du travail et par arrêté du ministre chargé de l'agriculture.

### Travaux dangereux imposant un plan de prévention écrit

Cette liste est établie par l'arrêté du 19 mars 1993 (JO du 27 mars 1993). Il s'agit des travaux dangereux pour lesquels doit être établi un plan de prévention écrit quel que soit le nombre d'heures travaillées.

- travaux exposant à des **rayonnements ionisants**;
- travaux exposant à des substances et préparations **explosives, comburantes**, extrêmement **inflammables**, facilement inflammables, très toxiques, toxiques, nocives, cancérogènes, mutagènes, toxiques vis-à-vis de la reproduction, au sens de l'article R.4111-3 du code du travail ;
- travaux exposant à des agents biologiques pathogènes;
- travaux effectués sur une **installation classée** faisant l'objet d'un plan d'opération interne;
- travaux de **maintenance sur les équipements de travail**, autres que les appareils et accessoires de levage qui doivent faire l'objet de vérification périodique;
- travaux de transformation sur les **ascenseurs, monte-charge, escaliers mécaniques, trottoirs roulants** et installations de parcage automatique de voitures;
- travaux de maintenance sur des installations à **très haute** ou **très basse température**;
- travaux comportant le recours à des **ponts roulants** ou grues ou transtockeurs;
- travaux comportant le recours aux **treuils** et appareils assimilés mus à la main, installés temporairement au dessus d'une zone de travail ou de circulation;
- travaux exposant au contact avec des **pièces nues sous tension** supérieure à la T.B.T : Très basse tension;
- travaux nécessitant l'utilisation d'équipements de travail auxquels est applicables l'article R. 4323-17 du code du travail, ( seuls les travailleurs désignés utilisent l'équipement de travail en question, la maintenance et la modification de cet équipement de travail ne peuvent être réalisés que par les seuls travailleurs affectés à ce type de tâche );
- travaux du bâtiment et des travaux publics exposant les travailleurs à des **risques de chute de hauteur de plus de 3 mètres**;
- travaux exposant à un niveau d'exposition sonore quotidienne supérieure à 90 dB (A) ou à un niveau de pression acoustique de crête supérieure à 140 dB;
- travaux exposant à des risques de **noyade**;
- travaux exposant à un risque d'**ensevelissement**;
- travaux de montage , démontage d'éléments préfabriqués **lourds**;
- travaux de démolition;
- travaux dans ou sur des cuves et accumulateurs de matière en atmosphère confinée;
- travaux en milieu **hyperbare**;
- travaux nécessitant l'utilisation d'un appareil à **laser d'une classe supérieure à la classe 3 A**;
- travaux de soudage oxyacétylénique exigeant le recours à un **permis de feu**.

### Contenu du Plan de prévention

Le Plan doit contenir les éléments suivants :

- définition des **phases d'activité dangereuses**, moyens de **prévention** spécifiques;
- **adaptation des matériels**, installations et dispositifs, à la nature des opérations à effectuer,
- définition des conditions d'entretien;
- **instructions** à donner aux **salariés**;
- organisation mise en place pour assurer les premiers secours, description du dispositif mis en place par l'entreprise utilisatrice;
- conditions de la participation des salariés d'une entreprise aux travaux réalisés par une autre pour assurer la coordination nécessaire au **maintien de la sécurité**.
- La liste des postes occupés par les salariés susceptibles de relever de la **surveillance médicale renforcée** doit être fournie par chaque entreprise concernée et figurer dans le plan de prévention.

Les dossiers techniques regroupant les informations relatives à la recherche et à l'identification des matériaux contenant de l'amiante sont joints au plan de prévention.

#### Note complémentaire

##### **Article R.4323-17**

Lorsque les mesures prises en application des articles R. 4321-1 et R. 4321-2 ne peuvent pas être suffisantes pour préserver la santé et assurer la sécurité des travailleurs, l'employeur prend les mesures nécessaires pour que :

- 1 Seuls les travailleurs désignés à cet effet utilisent l'équipement de travail ;
- 2 La maintenance et la modification de cet équipement de travail ne soient réalisées que par les seuls travailleurs affectés à ce type de tâche.

##### **Article R.4321-1**

L'employeur met à la disposition des travailleurs les équipements de travail nécessaires, appropriés au travail à réaliser ou convenablement adaptés à cet effet, en vue de préserver leur santé et leur sécurité.

##### **Article R.4321-2**

L'employeur choisit les équipements de travail en fonction des conditions et des caractéristiques particulières du travail. Il tient compte des caractéristiques de l'établissement susceptibles d'être à l'origine de risques lors de l'utilisation de ces équipements.

## Polyvalence ou professionnalisme ?

L'évolution du matériel a pour incidences sur la maintenance :

- la nécessité de la spécialisation,
- l'augmentation de la polyvalence nécessaire.

Ces deux exigences peuvent paraître contradictoires : comment associer la spécialisation et la polyvalence ?

Nous développons ci-après trois axes de solutions à exploiter :

- polyvalence capacitive,
- polyvalence technique et géographique,
- équipes polyvalentes.

### Polyvalence capacitive

Trop souvent, la notion de capacité d'un homme est liée à sa compétence technique : quand il faut utiliser la clé de 24, ou un palan, le spécialiste électricien, électronicien ou instrumentiste appelle le mécanicien pour faire le démontage ou montage, ce qui est forcément une perte de temps inutile.

Au contraire, il faut veiller à ce que chaque homme utilise toutes ses capacités :

- sa compétence technique,
- ses capacités physiques.

Développer la polyvalence capacitive nécessite :

- de sensibiliser les hommes en faisant passer les messages adaptés,
- d'intégrer cette notion dans les procédés de travail et gammes types.

### Polyvalence technique et polyvalence géographique

- Polyvalence technique : elle concerne la connaissance dans la technologie de base, et dans des technologies parallèles.
- Polyvalence géographique : elle concerne la compétence en intervention de chaque homme sur plusieurs matériels d'un même site.

Une idée de base est de former les hommes ( sur le terrain ) sur des sous-ensembles opérationnels, afin que chaque homme formé puisse prendre en charge l'ensemble des interventions de dépannage ( les remises en état pouvant être faites par des spécialistes d'atelier central, ou en sous-traitance )

Un sous-ensemble opérationnel est par exemple : un automate programmable avec d'une part des capteurs, et d'autre part les contacteurs en amont des organes commandés, voire même les organes commandés eux-mêmes.

Cette idée nécessite parfois des remises en cause. Par exemple, on rencontre parfois dans une même usine les corps de métiers suivants : électriciens, électroniciens, instrumentistes, spécialistes en informatique industrielle. Or ces différents corps de métier interviennent plus ou moins sur les mêmes types d'appareils : relayages électromécaniques, relayages électrostatiques, blocs de régulation, automates programmables, calculateurs, capteurs, transmetteurs, régulateurs, analyseurs, commandes d'organes, actionneurs...

Souvent les frontières d'intervention ne sont pas très nettes et dépendent :

- soit de l'histoire,
- soit des circonstances,
- soit du langage : logique, analogique, numérique, alors que sur un même schéma on retrouve souvent deux de ces trois langages.

Souvent, aussi, il ne s'agit que d'un même corps de métier : seul le niveau de compétences varie.

Il convient de revoir le principe de la formation technique :

- ne plus se contenter d'envoyer des techniciens et agents de maintenance se former à l'extérieur de l'entreprise, à différentes technologies et techniques plus ou moins utilisées dans l'entreprise, mais former le personnel sur le site et sur le matériel de l'entreprise ( sous-ensembles opérationnels )
- recenser les besoins et établir un plan de formation.

### Equipes polyvalentes

Avec une équipe de spécialistes travaillant ensemble sous une coordination commune :

- soit en permanence,
- soit temporairement pour un travail donné,

on peut obtenir une polyvalence totale ( impossible à obtenir avec un seul individu )

Dans un Service Maintenance, la proportion entre les spécialistes et les hommes ayant une certaine polyvalence technique dépend de la technicité du matériel et de la taille de l'entreprise.

Les **équipes polyvalentes** présentent des avantages, mais aussi des inconvénients ( problèmes du commandement et du remplacement en cas d'absentéisme en dépannage ) Aussi est-il judicieux de les prévoir quand **au moins 10% des heures** concernent des **travaux pluridisciplinaires**.

### Une règle générale consiste :

- à mettre aux « premières lignes », dans les secteurs de fabrication, soit des généralistes, soit des équipes polyvalentes,
- à placer aux ateliers centraux, lorsqu'ils existent, des équipes de spécialistes par technique ou par type de matériel.

### Electromécaniciens

Les 3 formes de polyvalence :

- polyvalence capacitive,
- polyvalence technique et géographique,
- équipes polyvalentes,

sont à rechercher.

Par contre nous ne recommandons pas la formation du personnel pour avoir des électromécaniciens.

Dans tous les cas que nous avons connus les résultats ne sont pas très bons sur le plan de la compétence.

Or c'est par la compétence et le professionnalisme que l'on peut maîtriser les coûts directs et les pannes.

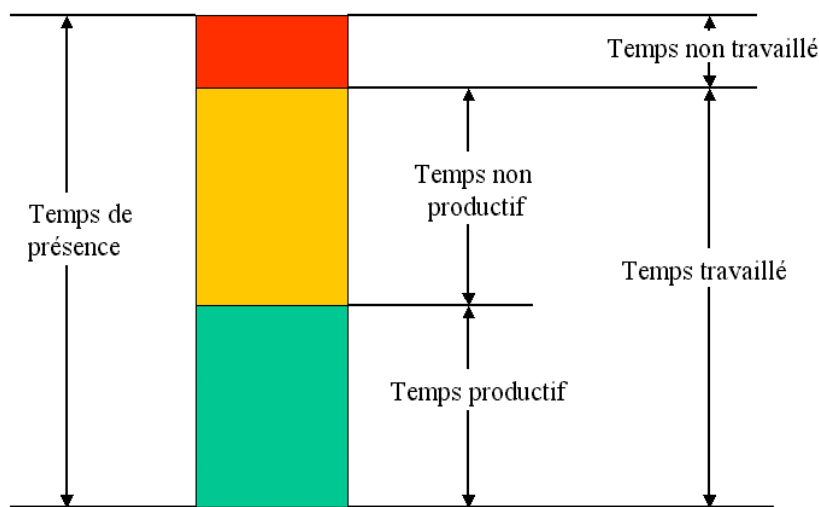


## Dépanneurs ou astreinte ?

La présence de personnel posté se justifie par la nécessité d'intervenir sur les pannes entraînant des arrêts de production, durant les heures de fabrication.

En termes de productivité de la maintenance, ce n'est pas la meilleure solution pour les 2 raisons suivantes :

- les pannes sont très perturbatrices et entraînent beaucoup de déperditions de temps ;
- un personnel non encadré n'est jamais pleinement occupé.



Temps productif : 35 % en général, 15 % pour les dépanneurs en poste et n'ayant pas de travaux prévus.

Les moyens pouvant réduire cette nécessité sont les suivants :

- développer la maintenance préventive,
  - avoir des matériels doublés ( solutions existant dans les raffineries et la chimie )
  - développer l'auto maintenance ( ou T.P.M. ) par les opérateurs,
  - chercher le maximum de formules de marche en mode dégradé de fonctionnement.
- .... et bien sûr chercher à éliminer les pannes répétitives ou aléatoires.

Concernant le personnel, les différentes formules possibles sont les suivantes :

- Ne pas avoir de personnel posté, mais des hommes en astreinte : solution existant dans les raffineries et la chimie où les matériels sont doublés ( pas toute la chimie ) Dans ce cas, on ne peut accepter au maximum que 2 retours d'astreinte par semaine.
- Avoir seulement un minimum d'électriciens postés ; la présence de mécaniciens postés ne se justifient réellement que là où il y a beaucoup d'hydraulique. On a alors éventuellement des mécaniciens en astreinte.
- Dans certains cas, si l'effectif maintenance est suffisant, il est parfois préférable d'avoir des équipes postées avec un contremaître. Celui-ci gère la distribution et répartition des travaux prévus et des pannes. L'inconvénient est double :
  - insuffisance d'un volant de main d'œuvre disponible pour des travaux de jour,
  - difficulté de rassembler des hommes pour les arrêts programmés.

Très souvent, on imagine des scénarios progressifs qui vont permettre de diminuer le personnel posté en fonction de l'évolution en maîtrise des pannes.

Dans tous les cas de figures, il faut veiller à distribuer des travaux prévus au personnel posté ; ces travaux sont à réaliser en dehors des pannes bien sûr.

Un tableau de distribution du travail est très utile.

### **Astreinte**

La meilleure solution est d'avoir du personnel en astreinte (plutôt des électriciens) et non des dépanneurs en postes.

Pour y arriver, les solutions à trouver sont à chercher parmi :

- La réduction des pannes.
- Le développement de la maintenance préventive.
- La recherche de modes dégradés de fonctionnement.
- Les petits dépannages par les opérateurs (TPM )

Les développements de ce livre sont une aide dans ce sens.

## Centralisation ou décentralisation ?

Une des principales questions que se posent les Directions dans le domaine des structures de la maintenance est :

**Faut-il centraliser ou décentraliser la maintenance ?**

### Avantages de la centralisation

La centralisation des moyens de maintenance permet :

- **Une bonne connaissance des coûts de maintenance**, particulièrement grâce à une unicité du budget de maintenance et son suivi.
- **Une optimisation de l'emploi des moyens** :
  - moyens en équipements lourds, à la disposition de toutes les équipes de maintenance,
  - moyens humains, grâce à une régulation unique et permanente.
- **Une uniformisation des procédures**, des codifications et de l'organisation des systèmes de gestion et d'information.
- **Une bonne gestion du personnel de maintenance**, grâce à une cohérence dans les promotions, mutations, les évolutions de carrières, les plans de formation...
- **Une facilité pour la standardisation** du matériel.
- **Une meilleure circulation de l'information** pour les problèmes et questions relatifs à la maintenance.

### Avantages de la décentralisation ( ou sectorisation )

La décentralisation, ou sectorisation ( c'est-à-dire répartition par secteurs de fabrication ) :

- **Motive le personnel** de maintenance à la fonction de production.
- **Permet la délégation de responsabilité** à travers un budget de secteur.
- **Améliore les relations avec la Fabrication.**
- **Facilite la coordination entre les différents spécialistes** de la maintenance.

### Solutions possibles

**La meilleure solution est d'effectuer à la fois une décentralisation et une centralisation.**

#### ☐ Décentralisation géographique et centralisation hiérarchique

La solution généralement la plus efficace consiste à effectuer une **décentralisation géographique**, ou **sectorisation** de certains moyens de maintenance, et une **centralisation hiérarchique** de ces moyens.

**La décentralisation géographique** permet d'obtenir les avantages des petites usines avec un bon travail d'équipe entre les personnels de Fabrication et de Maintenance.

**La centralisation hiérarchique** des moyens de maintenance, confiés à un même responsable au sein de l'usine, permet de conserver tous les avantages de « l'effet de masse », et l'on peut à la fois :

- sauvegarder une homogénéité économiquement nécessaire, dans certains domaines ;
- se doter de certains moyens, et en particulier de spécialistes ou experts de haute technicité, mis à la disposition de tous et placés sous une autorité et une coordination centrales.

#### ❑ **Décentralisation hiérarchique et centralisation fonctionnelle**

Une autre solution consiste à opter pour une **décentralisation hiérarchique** de certains moyens de maintenance et une **centralisation dite « fonctionnelle »**.

Pour assurer un bon fonctionnement de ce type de structure, quatre conditions essentielles sont à remplir :

- Avoir une organisation avec des méthodes et des moyens solides.
- Faire en sorte que les moyens de maintenance décentralisés dépendent d'un responsable attitré et non d'un chef de fabrication, pour ne pas sombrer dans une maintenance à court terme.
- Le responsable fonctionnel de haut niveau doit être un des principaux collaborateurs de la direction, et doit disposer de l'autorité nécessaire pour assurer une coordination effective.
- On doit disposer d'une G.M.A.O. permettant de sauvegarder l'unité et l'homogénéité dans les différents domaines.

## **Sectorisations**

### **Sectorisation partielle**

Elle correspond à l'implantation géographique d'équipes polyvalentes de Réalisation et de dépôts de fournitures et pièces de rechange courantes dans chaque secteur de production.

La composition qualitative et quantitative de ces équipes et de ces dépôts doit être périodiquement analysée et revue en fonction de l'évolution des besoins.

Dans cette solution, les Méthodes Maintenance et l'ordonnancement restent centralisés près du chef Maintenance.

### **Sectorisation totale**

Elle équivaut à la création dans chaque secteur d'un vrai service maintenance avec :

Un ingénieur responsable.

Une équipe Méthodes dont la composition quantitative et qualitative est fonction du matériel du secteur

Un ordonnancement.

Une ou plusieurs équipes de maintenance, orientées soit par spécialité professionnelle, soit par sous-secteur, suivant le type de matériel et les besoins des fabrications.

Un magasin avec les fournitures et pièces de rechange d'utilisation courante.

Dans les deux cas, les ateliers centraux peuvent intervenir pour :

- effectuer des travaux au sein de leurs ateliers ;
- prêter de la main d'œuvre aux secteurs, en renfort provisoire ;

effectuer des travaux au sein d'un Secteur, lorsqu'ils nécessitent des moyens importants ou des compétences de spécialistes.

## **Meilleure solution**

La meilleure solution est :

- une centralisation hiérarchique ;
- une décentralisation géographique.

Sur le plan des coûts, la décentralisation hiérarchique est la plus mauvaise des solutions pour beaucoup de raisons. Malheureusement c'est souvent le besoin de pouvoir de certains responsables qui aboutit à ce genre de situation.

Les solutions avec un responsable hiérarchique fonctionnel pour l'ensemble des unités sont les moins mauvaises. Mais il y a souvent beaucoup de dérives.

# Auto-maintenance (TPM) ou non ?

Les travaux devenant de moins en moins manuels mais de plus en plus de conduite et surveillance, il est raisonnable d'envisager un partage des tâches de maintenance entre les personnels de Maintenance et Fabrication.

Les avantages que l'on peut en retirer sont :

- sur le plan humain, un enrichissement des tâches des opérateurs ;
- sur le plan économique :
  - une meilleure surveillance du matériel,
  - des opérations de surveillance, ou préventives, moins coûteuses,
  - certains temps d'intervention réduits,
  - une meilleure assistance au diagnostic lors des pannes,
  - une assistance à certaines interventions, évitant ainsi le déplacement d'un binôme Maintenance.

Les tâches que l'on peut confier au personnel de Fabrication sont :

- ✓ les travaux de 1<sup>er</sup> niveau :  
réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage d'équipement ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité.
- ✓ les travaux de 2<sup>ème</sup> niveau :  
dépannages par échange standard d'éléments prévus à cet effet ou **d'opérations mineures de maintenance préventive**.
- ✓ l'assistance nécessaire lorsqu'un agent de maintenance a besoin d'être secondé ; on évite ainsi le déplacement systématique d'un « binôme maintenance » à chaque intervention.

Mais attention :

Il faut que les tâches confiées aux opérateurs de fabrication soient bien identifiées et bien formalisées, ne serait-ce que pour des raisons de sécurité ; il ne s'agit pas de faire n'importe quoi.

Pour ce faire, il est souhaitable de réaliser un « manuel opérateur » :

- descriptif concis de la machine,
- de fabrication :
- mise en chauffe,
- mise en marche,
- conduite,
- arrêt et mise en sommeil.
- consignes de réglage,
- auto-contrôle qualité, et même vitesse ou cadence machine,
- consignes de maintien en l'état de la machine ( préventif )
- aides aux dysfonctionnements ( petits dépannages )

La prise en charge de tâches de maintenance nécessite des formations ponctuelles, mais rapides et fréquentes du personnel de fabrication.

Les opérations prises en charge par la Fabrication doivent être suivies dans les coûts et les historiques de maintenance ( notamment les suivis de maintenance préventive )

Cette prise en charge ne doit pas aboutir à la constitution de petites équipes d'entretien dépendant de la Fabrication. En effet, dans ce cas, on n'atteint pas les objectifs recherchés, et le résultat obtenu va à l'encontre de l'optimisation des moyens.

Ce partage de tâches Maintenance / Fabrication est grandement facilité par la prise en compte de la maintenance au stade de la conception des matériels, car on peut alors penser « conception modulaire » pour faciliter le remplacement d'organes

On constate trop souvent que l'auto-maintenance est bien décrite et bien formalisée, que les opérateurs remplissent les tableaux de suivis, mais que les opérations prévues ne sont pas faites.

De fait il faut que l'exploitation soit bien partie prenante ; le fait de participer à des réunions demandées par la maintenance ne suffit pas. Il est impératif que l'auto-maintenance (TPM) soit contrôlée par les chefs d'équipe.

Nous donnons ci-après deux exemples.

#### 1<sup>er</sup> exemple

Il s'agit d'un poste à souder que l'on rencontre dans l'industrie ferroviaire, la construction d'autocars, de navires, etc.

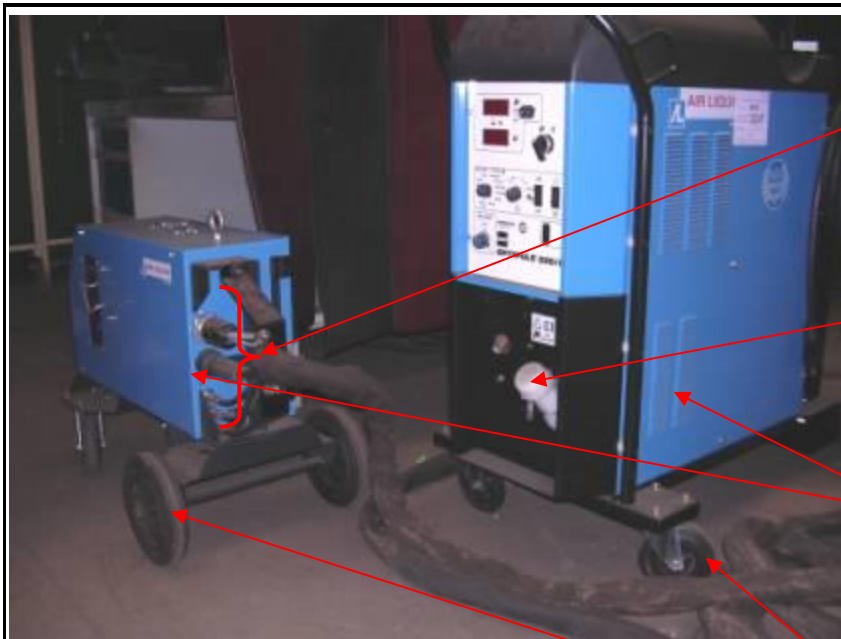
Ce poste à souder est personnalisé, ce qui est une garantie pour la réalisation des opérations préventives.

#### 2<sup>ème</sup> exemple

Il s'agit d'une cimenterie avec des rondiers de fabrication. C'est la Production elle-même qui a demandé à ce qu'ils fassent des contrôles de maintenance préventive.

## POSTE A SOUDER

### FICHE TECHNIQUE n°1 (FT1)



1 CONNEXIONS

2 LIQUIDE

3 SOUFFLAGE  
8

4 ROULETTES  
9




8 GAINÉ

1 POIGNEE TORCHE

Modification	Date	Indice	Mise à jour	Validation



FICHE D'ENREGISTREMENT DES OPERATIONS DE NIVEAU 1																											
BATIMENT :										N°INVENTAIRE POSTE : ..... / DEVIDOIR: .....																	
SEMAINE : _____																											
N° Poinçon										Lundi			Mardi			Mercredi			Jeudi			Vendredi					
N°	Opération									M	AM	N	M	AM	N	M	AM	N	M	AM	N	M	AM	N	Remarques de l'Opérateur		
	<b><u>Poste à souder</u></b>																										
1	Contrôle des connexions ? FT1																										
2	Faire l'appoint en liquide de refroidissement? FT1																										
3	Soufflage du poste à souder? FT1																										
4	Contrôle de l'état des roulettes? FT1																										
	<b><u>Dévidoir</u></b>																										
5	Contrôle des raccords torche? FT2																										
6	Contrôle de l'axe bobine? FT2																										
7	Contrôle de l'état des galets? FT2																										
8	Soufflage du dévidoir? FT1																										
9	Contrôle de l'état des roulettes? FT1																										
	<b><u>Torche</u></b>																										
10	Contrôle de la gaine? FT1																										
11	Contrôle de la poignée? FT1																										
<p><u>Remarque:</u> Lors du remplacement du fil, veuillez à ce qu'il soit dégagé de 30 cm par rapport à la gaine au niveau de la torche</p> 																											

RONDES CRU-CARRIERE Poste A							S :						
PLANCHER DELAYEURS							L	M	M	J	V	S	D
<b>Contrôle délayeurs :</b>													
* Contrôler la T° réducteur													
* Contrôler si pas de bruit anormal ( moteur , réducteur , chaînes ...)													
* Contrôler les tôles de recouvrement délayeurs													
* Contrôler visuellement le passage de pâte aux grilles													
* Contrôler état général des sectionneurs													
<b>Contrôle des Hazemag</b>													
* Contrôler si pas de bruit anormal													
* Contrôler la température des paliers													
* Contrôler les vibrations anormales													
* Contrôler si évacuations eau bouchées													
* Contrôler l'étanchéité des portes													
<b>Contrôle des consommables ou pièces de rechange</b>													
* Contrôler si présence de palettes de TPP sur le plancher													
* Contrôler si présence de palette de toiles de tamis													
* Contrôler si présence de manilles (petites et grandes)													
* Contrôler si bac mitrilles à vider													
* Contrôler si présence d'échelles sur le plancher ( placées sur leur support)													
<b>LES CUVES</b>													
* Contrôler compressage													
* Contrôler si pas de repassage aux vannes de remplissage													
* Contrôler si pas de fuites													
* Contrôler l'état général du béton ( fissures...)													
<b>LES BASSINS</b>													
* Contrôler compressage ( tuyaux bouchés , vannes HS...)													
* Contrôler le mélangeur , galet , vibrations....													

## Auto-maintenance (TPM) pour les pannes

L'auto-maintenance peut revêtir deux formes :

- Les contrôles préventifs.
- Les petits dépannages.

Nous ne croyons pas beaucoup aux contrôles préventifs. En effet, d'une manière générale, nous avons constaté qu'ils sont bien faits essentiellement sur papier.

Comme écrit précédemment, de fait il faut que l'exploitation soient bien partie prenante ; le fait de participer à des réunions demandées par la maintenance ne suffit pas. Il est impératif que l'auto-maintenance (TPM) soit contrôlée par les chefs d'équipe.

Par contre, l'auto-maintenance nous semble nécessaire pour les petits dépannages. Une bonne solution est d'avoir du personnel en astreinte (plutôt des électriciens) et non des dépanneurs en postes.

Pour y arriver, les solutions à trouver sont à chercher parmi :

- La réduction des pannes.
- Le développement de la maintenance préventive.
- La recherche de modes dégradés de fonctionnement.
- **Les petits dépannages par les opérateurs (TPM )**

# Mission et responsabilités du service maintenance

	Page
Comment concevoir la mission du service maintenance...	36
Responsabilités du service maintenance.....	38
Objectifs et priorités de la maintenance.....	38

# Comment concevoir la mission du service maintenance

Trois options sont possibles :

- Fournisseur de services et de conseils ;
- Gestionnaire du matériel et de sa maintenance ( responsable devant la direction de l'entreprise )
- Assureur responsable et gestionnaire pour le compte de la Fabrication.

## Fournisseur de services et de conseils

Dans cette solution, c'est la fabrication qui gère la maintenance du matériel ; elle doit donc définir : les objectifs, les méthodes, le programme et le budget de maintenance.

Le service Maintenance est un fournisseur qui intervient à la demande de la Fabrication ; sa responsabilité se limite à fournir une prestation qui corresponde à la demande, dans le délai imparti, au meilleur coût possible, compte tenu des moyens dont il dispose.

**Cette solution conduit inévitablement à une politique de maintenance à court terme**, qui peut s'avérer valable dans certaines entreprises de transformation ( dans le textile, par ex. ) où les coûts de maintenance sont négligeables et ne justifient pas d'actions et d'investissements dans le domaine de l'organisation ( il s'agit là d'entretien et non de maintenance )

Avec une telle formule les recherches d'améliorations sont quasiment nulles, ou très faibles.

## Gestionnaire du matériel et de sa maintenance

Dans cette solution, c'est le service Maintenance qui, en fonction d'objectifs donnés par la Direction, définit les méthodes, le programme et le budget de maintenance du matériel.

Cette solution qui consiste à avoir des **responsabilités et des budgets par fonction**, présente deux inconvénients majeurs :

- La responsabilité du prix de revient du produit fabriqué, incombe à la Direction ; elle doit procéder elle-même à l'optimisation des différents coûts qui constituent ce prix de revient.
- La Fabrication n'est pas motivée par les problèmes et les coûts de maintenance.

Cette solution est valable dans les entreprises mono-produit et les entreprises de type travaux publics ayant des coûts de maintenance très élevés.

Avec une telle formule les recherches d'améliorations sont essentiellement techniques et ne concernent pas les modes opératoires et manières de faire en fabrication.

## Assureur gestionnaire et responsable pour le compte de la Fabrication

Dans cette solution, **la Fabrication est responsable du prix de revient de ses produits** et optimise les différents coûts qui le composent, y compris le coût de la maintenance.

En fonction de cette optimisation, elle définit des objectifs au service Maintenance qui doit, dans ce cadre, déterminer les méthodes, le programme et le budget de maintenance.

Ce budget est discuté avec la Fabrication et constitue un **contrat de maintenance** passé entre les deux parties.

Le service Maintenance est jugé sur la bonne gestion et l'amélioration de ce contrat ; la Fabrication le paie et a donc intérêt à faciliter la tâche de son partenaire et à suivre les coûts de maintenance.

Les méthodes de maintenance seront adaptées au type de matériel, à son utilisation et à la conjoncture, en équipe entre Fabrication et Maintenance.

Indépendamment des contacts occasionnés par les événements, quatre types de liaisons devront être formalisés et structurés entre la Maintenance et la Fabrication :

- **Annuellement**, pour :
  - La définition des objectifs.
  - La détermination des méthodes, du programme et du budget de maintenance.
  - La discussion et l'adaptation de ce budget.Tout litige éventuel est soumis à l'arbitrage de la Direction.
- **Trimestriellement**, pour :
  - Une éventuelle rectification des objectifs, donc du programme et du budget de maintenance.
  - L'analyse des coûts anormaux (points noirs) et des coûts élevés (points « chauds et chers »)
- **Chaque semaine**, pour définir :
  - Les travaux prioritaires.
  - Les arrêts prévus.
  - Le programme prévisionnel de maintenance de la semaine suivante.
- **Chaque jour**, pour :
  - Les changements de priorité au jour le jour.
  - Les procédures de sécurité.

Avec une telle formule les recherches d'améliorations trouvent tout leur intérêt.

### Remarque importante

Beaucoup d'entreprises veulent adopter les principes et modalités de la troisième mission sans vouloir changer la structure du prix de revient de fabrication qui ne comprend pas le coût de maintenance.

C'est bien sûr possible et cela présente beaucoup d'avantages, à l'exception d'un inconvénient important : la Fabrication n'est pas motivée par la maîtrise et la réduction du coût direct de maintenance.

## Responsabilités du service maintenance

1. **Assurer la gestion de la maintenance du matériel** ( budget de maintenance du matériel )
2. **Effectuer différentes natures de travaux** ( travaux neufs, modifications, travaux de sécurité, etc. ) **en qualité de fournisseur.**
3. **Assurer la gestion des moyens de maintenance** : personnel, ateliers et bureaux, machines et outillages, fournitures et pièces de rechange ( budget de fonctionnement du service )

## Objectifs et priorités de la maintenance

L'objectif du service Maintenance est d'**assurer la maintenance du matériel de l'entreprise au moindre coût global** ( coût direct + coût indirect + coût de possession des stocks de fournitures et pièces de rechange )

Cet objectif peut être adapté à chaque fabrication en donnant priorité au coût direct ou au coût indirect en fonction des programmes de production et de la conjoncture, et ce en équipe entre la Fabrication et le service Maintenance, avec un éventuel arbitrage de la Direction.

La définition périodique des priorités et des matériels correspondants est capitale pour la Maintenance. Elle lui permet d'orienter ses efforts et ses actions sur le plan des méthodes et des moyens. Les équipes de secteur et les équipes postées doivent en tenir compte lorsqu'elles ont à répondre à un nombre d'interventions imprévues supérieur à leurs capacités.

# Structure du service maintenance

	Page
Répartition des tâches et activités.....	40
Exemples de structures.....	45
Maintenance et ses interfaces.....	50
Comment quantifier la structure.....	52



# Répartition des tâches et activités

## Principes

Pour répondre aux nécessités économiques et humaines actuelles, nous proposons de répartir les tâches et activités de la maintenance en **quatre grandes fonctions** :

- a. Réalisation Maintenance : le court terme ;
- b. Méthodes Maintenance : le moyen terme.
- c. Ordonnancement Maintenance : programmation et disponibilité.
- d. Gestion des stocks de maintenance.

### Fonction Réalisation Maintenance : le court terme

Cette fonction concerne tout le personnel opérationnel de la Maintenance. La tâche fondamentale des agents de maîtrise responsables de la réalisation est **la gestion et la conduite des hommes**. Aujourd'hui, face à la complexité des problèmes ( humains, économiques, techniques, de gestion, etc. ) il est nécessaire de s'orienter vers un **commandement de coordination et de synthèse**.

Les différentes tâches de la fonction Réalisation sont :

- Gestion et conduite des hommes.
- Programme journalier et constitution des équipes.
- Approvisionnement et mise en route des chantiers.
- Sécurité du personnel et du matériel.
- Suivi des travaux et surveillance du personnel.
- Suivi et contrôle de la sous-traitance.
- Liaisons courantes avec la Fabrication.
- Ventilation des heures, observations et compte-rendus des dépannages.

### Fonction Méthodes Maintenance : le moyen terme

Un service maintenance n'est pas simplement un service dépannage ; il se doit de :

- définir une politique de maintenance adaptée,
- doter les hommes d'une documentation technique opérationnelle,
- prévoir les pièces de rechange nécessaires,
- rechercher la meilleure productivité de l'activité,
- rechercher des améliorations d'une manière permanente.

D'une manière complète la fonction Méthodes Maintenance doit assurer :

#### ➤ La gestion technique du matériel

- Liaisons Maintenance-Bureau d'études
- Méthodes de maintenance.
- Nomenclature du matériel.
- Documentation générale, technique, historique.
- Plan de graissage et de lubrification.
- Plan de maintenance préventive.
- Définition des pièces de rechange.
- Normes techniques de maintenance.

#### ➤ La recherche d'améliorations.

par analyse des coûts, résolution des défaillances et amélioration de la maintenabilité

#### ➤ La préparation du travail

- Préparation des interventions importantes ou répétitives, des arrêts programmés.
- Cahiers des charges et contrats de sous-traitance.

➤ L'assistance technique

- Diagnostics et expertises.
- Réceptions techniques.
- Formation technique du personnel.

### **Répartition court terme / moyen terme**

Le moyen terme ne peut pas être assuré d'une manière constante et efficace par les Contremaîtres de Réalisation : comment se pencher sur un dossier technique à constituer, étudier une amélioration, définir un plan de maintenance préventive, quand on est appelé constamment sur les chantiers et bien souvent en urgence ?

Il faut dégager du temps et de la matière grise pour bien prendre en charge le moyen terme et les recherches d'amélioration.

Mais il est indispensable de générer, d'une manière permanente, un travail d'équipe entre :

- les agents de maîtrise Réalisation,
- les techniciens Méthodes Maintenance.

Assurer cette coopération doit être un des soucis du chef de Service Maintenance.

Il ne doit pas y avoir d'un côté les penseurs et de l'autre côté les exécutants.

La fonction Méthodes doit être comprise comme une aide à la fonction Réalisation, celle-ci ne pouvant pas prendre en charge toutes les tâches administratives.

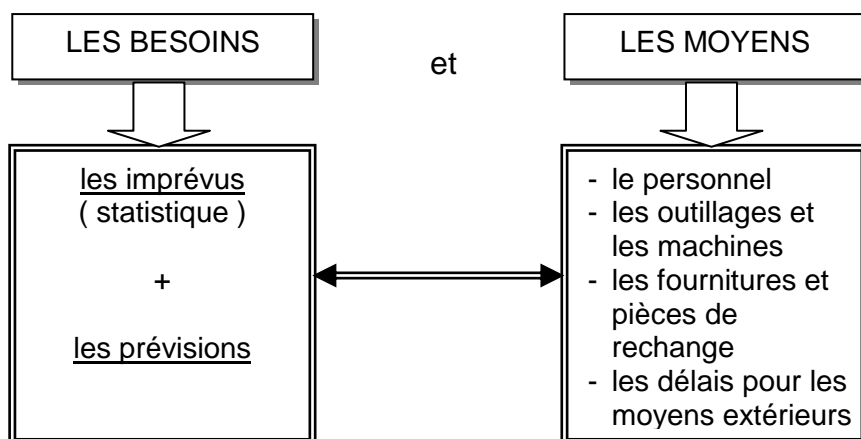
Certaines recettes permettent de favoriser ce travail d'équipe :

- faire préparer les travaux d'arrêts conjointement par les agents de maîtrise Réalisation et les Techniciens Méthodes,
- renforcer l'encadrement Réalisation par des Technicien Méthodes lors de la réalisation de travaux d'arrêts,
- incorporer les techniciens Méthodes dans les tours de garde et les astreintes,
- constituer des groupes de travail mixtes pour la recherche d'améliorations,
- dans les évolutions de carrière, effectuer des permutations entre les agents de maîtrise Réalisation et les techniciens Méthodes.

### Fonction Ordonnancement Maintenance

La fonction Ordonnancement prendre en charge et la disponibilité des moyens.

L'Ordonnancement fait la comparaison :



L'Ordonnancement va :

- Calculer l'ensemble des besoins en main d'œuvre.
- Répartir le personnel en fonction des délais.
- S'engager sur des délais.
- Suivre l'avancement des travaux.
- Prévoir la sous-traitance.
- Planifier le préventif.
- Contrôler et regrouper les informations.
- S'assurer de la présence des stocks.

#### Formalisation

La fonction Ordonnancement ne peut être formalisée avec un Responsable surtout dans les entreprises où les travaux de maintenance sont importants, préparables, et peuvent être étalés sur 2 ou 3 mois. Ce sont essentiellement des entreprises de process. Sinon elle doit être tenue par la fonction Méthodes.

### Gestion des stocks maintenance

Les articles du stock de maintenance peuvent :

- soit figurer dans les comptes de bilan : comptes de valeurs immobilisées, comptes de stocks ;
- soit être imputés dès l'achat :
  - sur les sections de Fabrication utilisatrices du matériel correspondant au travers du budget de maintenance (cette solution qui existe dans de nombreuses entreprises n'est fiscalement pas légale)
  - sur le taux de l'heure de maintenance ou sur un compte général (solution à conseiller pour la quincaillerie et certaines matières consommables de maintenance)

La valeur du stock de maintenance dépend de la définition du besoin (maintenance) et de l'expression du besoin (gestion des stocks)

Il est préférable de rattacher la gestion des stocks de maintenance au chef de Maintenance. Ce rattachement facilite l'optimisation du coût global de la maintenance, dont le coût de possession

## Structure du service maintenance

des stocks fait partie, en plaçant sous l'autorité d'un responsable unique les différents services intéressés.

DEFINITION DU BESOIN	METHODES MAINTENANCE
EXPRESSION DU BESOIN	GESTION STOCKS
SATISFACTION DU BESOIN	ACHATS
MAGASINAGE	MAGASIN
CONTROLE DE LA VALEUR	COMPTABILITE

INTERVALLE	QUANTITE	MODE D'APPROVISIONNEMENT ECONOMIQUE
Variable	Fixe	Méthode du point de commande ( 80 à 85 % des références )
Fixe	Variable	Méthode du plan d'approvisionnement ( 10 à 15 % des références )
Fixe	Fixe	Méthode du programme ( < 5 % des références )

Certaines GMAO permettent d'avoir un delta sur le point de commande, ce qui permet de regrouper des commandes proches pour un fournisseur. Alors, on n'utilise plus la méthode du plan d'approvisionnement.

### Bureau technique maintenance ( B.T.M. )

Il arrive fréquemment que l'on crée un Bureau Technique Maintenance regroupant

- la fonction Méthodes Maintenance,
- l'Ordonnancement ;
- la Gestion des Stocks ( celle-ci pouvant être séparée et regroupée avec la fonction de magasinage )

### Répartition Maintenance / Fabrication ou exploitation

Les travaux devenant de moins en moins manuels mais de plus en plus de conduite et surveillance, il est raisonnable d'envisager un partage des tâches de maintenance entre les personnels de Maintenance et Fabrication.

Les avantages que l'on peut en retirer sont :

## Structure du service maintenance

- sur le plan humain, un enrichissement des tâches des opérateurs ;
- sur le plan économique :
  - une meilleure surveillance du matériel,
  - des opérations de surveillance, ou préventives, moins coûteuses,
  - certains temps d'intervention réduits,
  - une meilleure assistance au diagnostic lors des pannes,
  - une assistance à certaines interventions, évitant ainsi le déplacement d'un binôme Maintenance.

### Les tâches que l'on peut confier au personnel de Fabrication sont :

- les travaux de 1<sup>er</sup> niveau :  
réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans  
  
aucun démontage d'équipement, ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité,
- les travaux de 2<sup>ème</sup> niveau :  
dépannages par échange standard d'éléments prévus à cet effet, ou d'opérations  
  
mineures de maintenance préventive,
- l'assistance nécessaire lorsqu'un agent de maintenance a besoin d'être secondé ; on évite ainsi le déplacement systématique d'un « binôme maintenance » à chaque intervention.

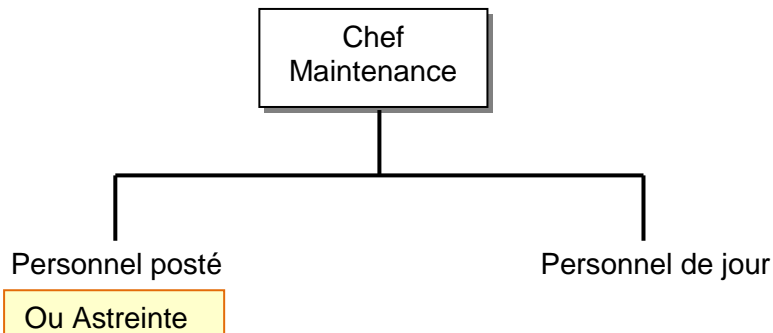
### Mais attention :

- Il faut que les tâches confiées aux opérateurs de fabrication soient bien identifiées et bien formalisées, ne serait-ce que pour des raisons de sécurité ; il ne s'agit pas de faire n'importe quoi.  
Pour ce faire, il est souhaitable de réaliser un « manuel opérateur » :
  - descriptif concis de la machine,
  - consignes de fabrication :
    - . mise en chauffe,
    - . mise en marche,
    - . conduite,
    - . arrêt et mise en sommeil.
  - consignes de réglage,
  - auto-contrôle qualité, et même vitesse ou cadence machine,
  - consignes de maintien en l'état de la machine ( préventif )
  - aides aux dysfonctionnements ( petits dépannages )
- La prise en charge de tâches de maintenance nécessite des formations ponctuelles, mais rapides et fréquentes du personnel de fabrication.
- Les opérations prises en charge par la Fabrication doivent être suivies dans les coûts et les historiques de maintenance ( notamment les suivis de maintenance préventive )
- Cette prise en charge ne doit pas aboutir à la constitution de petites équipes d'entretien dépendant de la Fabrication. En effet, dans ce cas, on n'atteint pas les objectifs recherchés, et le résultat obtenu va à l'encontre de l'optimisation des moyens.

Ce partage de tâches Maintenance / Fabrication est grandement facilité par la prise en compte de la maintenance au stade de la conception des matériels, car on peut alors penser « conception modulaire » pour faciliter le remplacement d'organes.

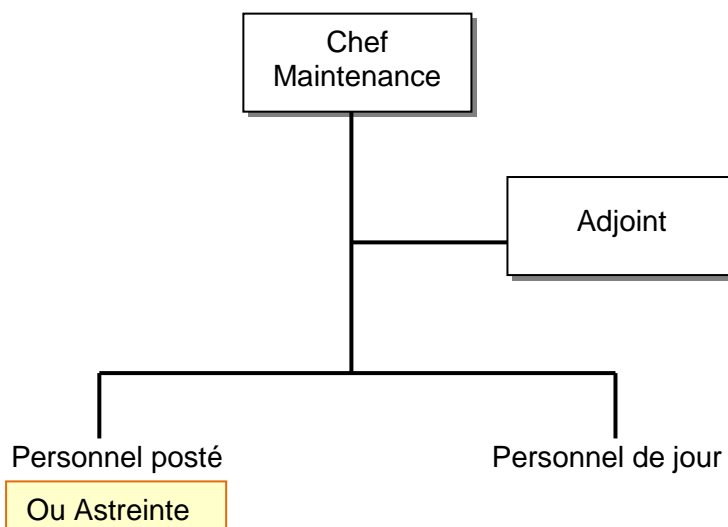
## Exemples de structures

### Service d'environ 5 personnes ( internes et externes )



Le Chef Maintenance assure lui-même la fonction B.T.M., Bureau Technique Maintenance, principalement Méthodes Maintenance. Il doit s'organiser afin de consacrer systématiquement 30 à 50% de son temps à cette fonction. Il est souhaitable qu'il fasse appel à des stagiaires pour réaliser certains travaux organisationnels ( documentation – préventif – codification )  
Pour le personnel, on doit rechercher le maximum de polyvalence.

### Service d'environ 10 personnes ( internes et externes )

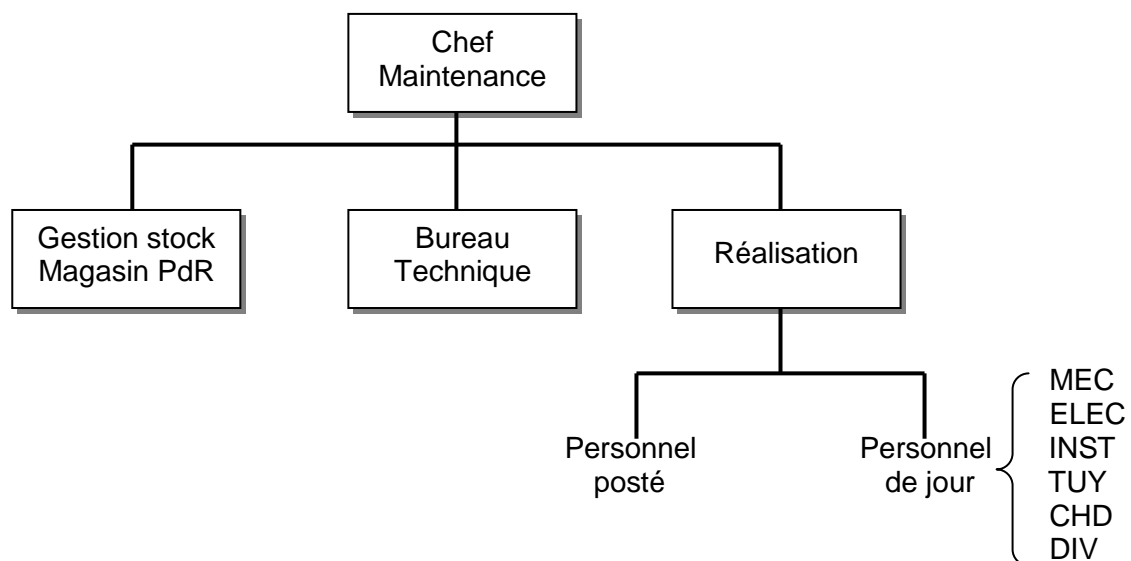


Le Chef Maintenance a un Adjoint qui assure :

- soit la fonction B.T.M. ( principalement Méthodes Maintenance ) et la gestion des pièces de rechange ;
- soit la conduite de la Réalisation, le Chef Maintenance assurant principalement la fonction B.T.M.

Là aussi, il est souhaitable de faire appel à des stagiaires pour réaliser certains travaux organisationnels ( documentation – préventif – codification )  
Pour le personnel, on doit rechercher le maximum de polyvalence.

### Service d'un peu moins de 20 personnes



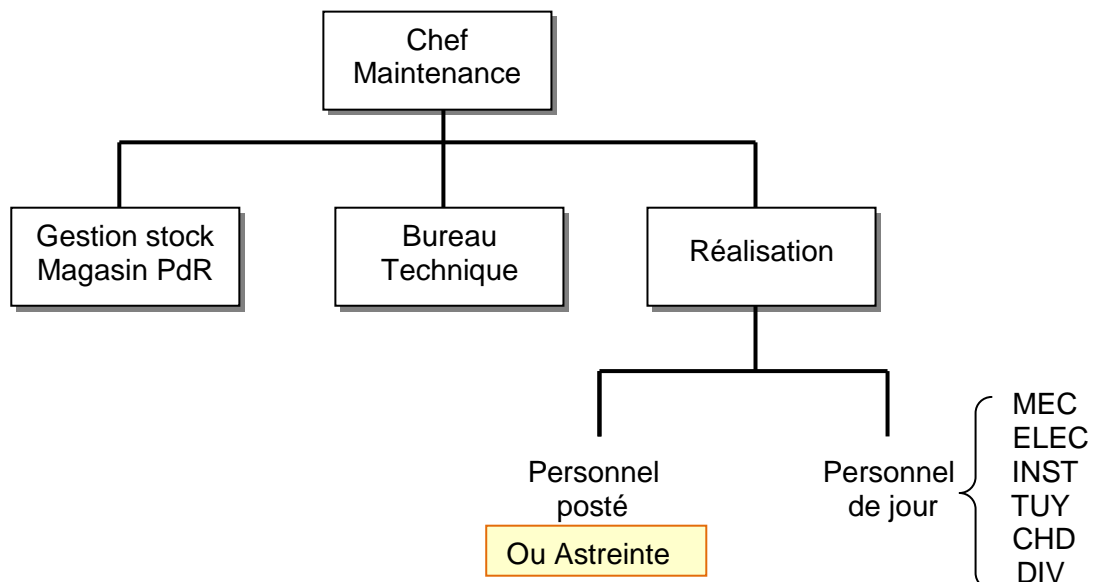
Le Chef Maintenance et le Responsable Réalisation ( CM ou CE ) se partagent la supervision du personnel opérationnel.

Le Bureau Technique Maintenance est constitué de deux personnes :

- un technicien plutôt électricien ;
- un technicien plutôt mécanicien.

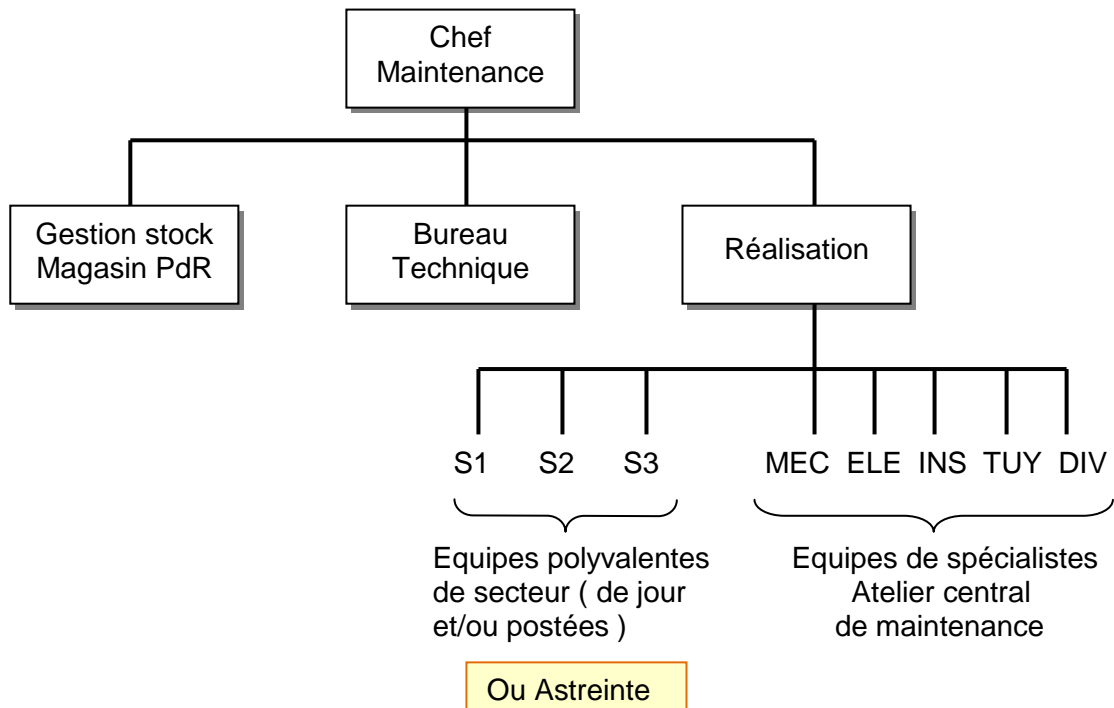
Gestion stock et magasin des pièces de rechange : une personne responsable assurant par ailleurs les demandes d'achats techniques.

### Service de 20 à 50 personnes

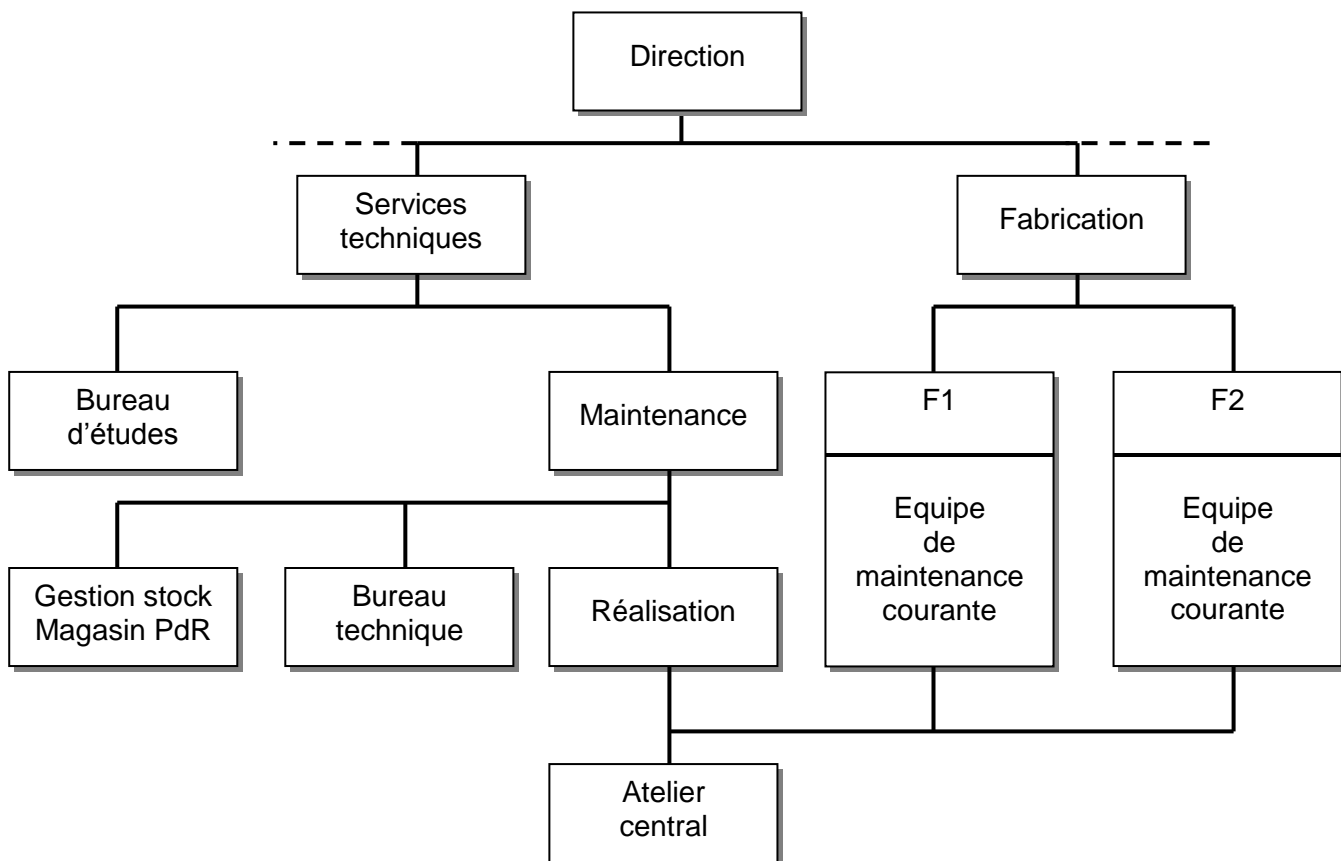


Personnel indirect à définir suivant l'importance du service.

## Service de 50 à 200 personnes

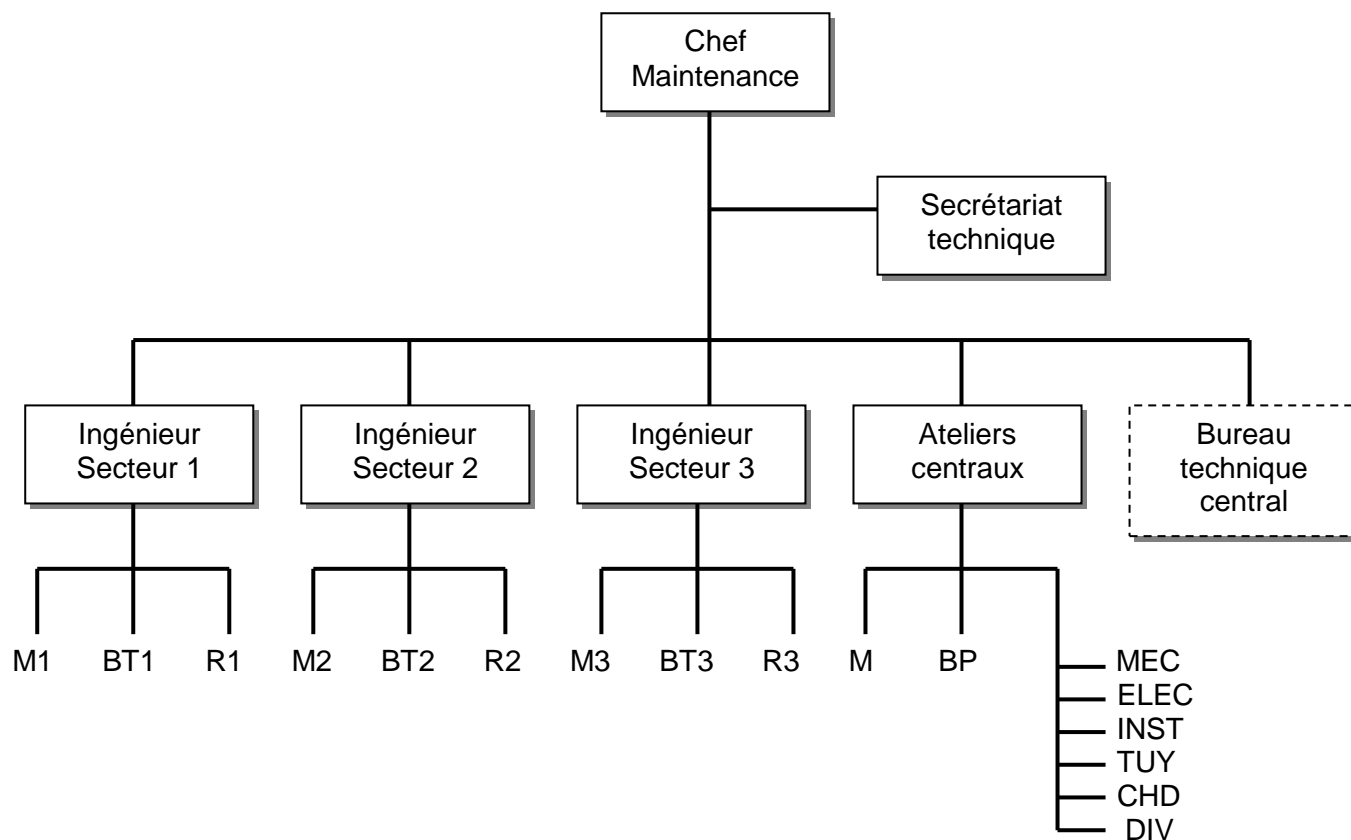


## Maintenance moyenne – sectorisation partielle



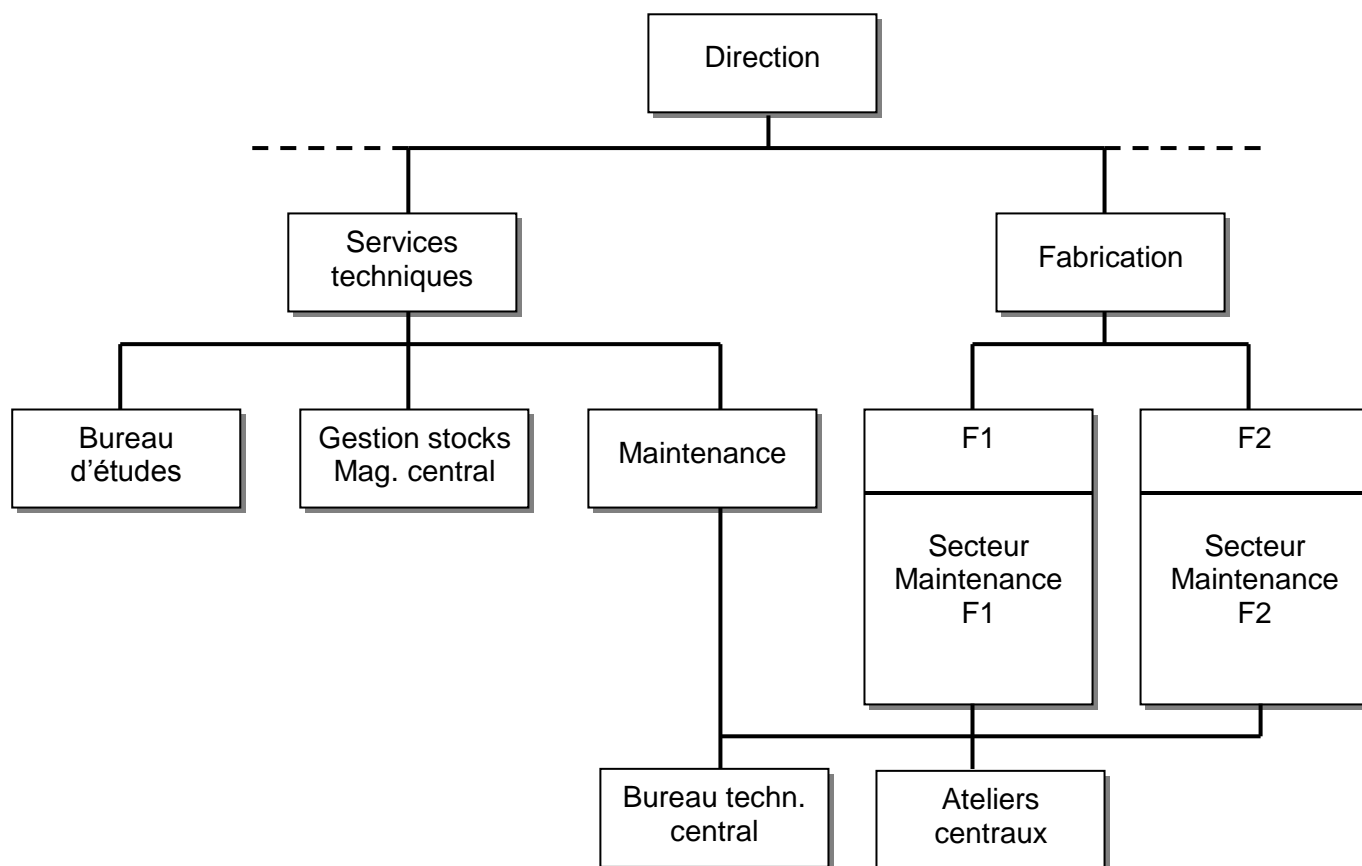


## Service important – sectorisation totale



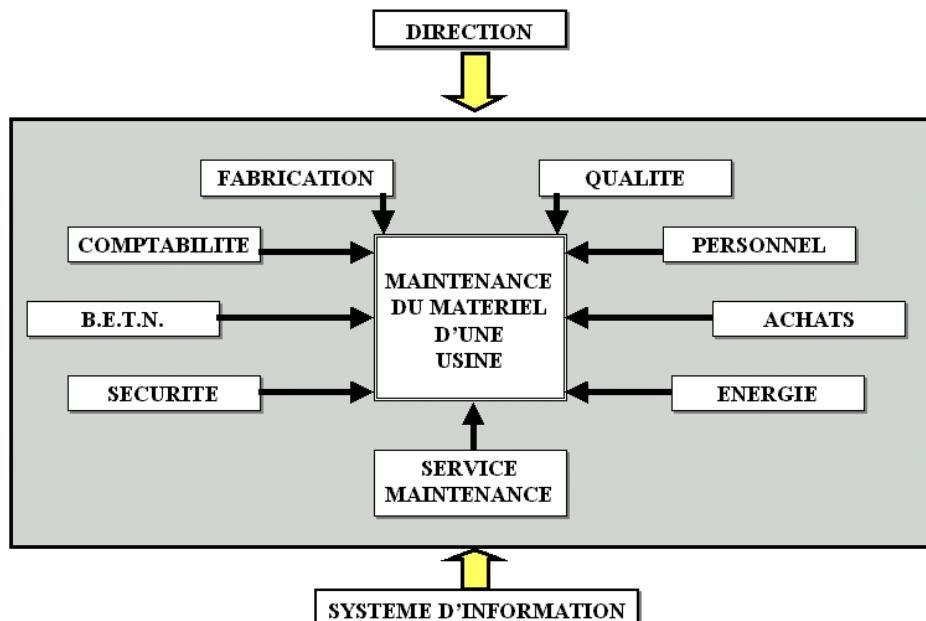
M : Magasin central + Gestion des stocks centralisée  
M1, M2, M3 : Magasins décentralisés  
BT : Bureau technique  
R : Réalisation  
BP : Bureau de préparation

## Maintenance importante – sectorisation totale



## Maintenance et ses interfaces

Dans une entreprise, toutes les fonctions sont liées par de nombreuses interdépendances. On ne peut donc toucher à l'organisation de la Maintenance sans y faire participer les autres fonctions ou services qui ont une influence sur elle.



Nous citons ci-après les principales fonctions qui doivent collaborer avec la Maintenance.

### **Le B.E.T.N.** ( Bureau d'Etudes et Travaux Neufs ) pour :

- Les programmes d'investissement.
- L'étude de l'installation nouvelle.
- Les améliorations et modifications du matériel.
- La documentation technique des constructeurs.
- Les études de fiabilité et de maintenabilité.
- La standardisation du matériel.
- La télésurveillance maintenance.
- Les systèmes d'auto diagnostic.
- La maintenance conditionnelle avec contrôles non destructifs.
- La réception technique du matériel.
- Le choix des entreprises de travaux neufs, etc.

### **La Fabrication,** pour :

- L'établissement du budget de maintenance.
- Le programme de maintenance courante : journalier et à moyen terme.
- Le programme de maintenance exceptionnelle.
- L'analyse technique des pannes et des coûts de maintenance.
- Les améliorations du matériel destinées à réduire les coûts de fabrication.
- Les liaisons et procédures à prévoir.
- Les consignes d'utilisation, de conduite et de surveillance du matériel.
- La prise en charge par les opérateurs ou conducteurs de certaines opérations de maintenance.

- Le taux d'utilisation du matériel, etc.

### **Les Achats**, pour :

- La recherche et l'évaluation des sous-traitants et fournisseurs.
- L'obtention du meilleur prix, tout en respectant les spécifications techniques de qualité nécessaires.
- L'obtention de formules d'achats modernes : stocks en consignment, commandes ouvertes.
- Les problèmes de garantie, etc.

### **Le Magasin et la gestion des stocks FPR** ( quand ils ne sont pas rattachés à la Maintenance ) pour :

- Le catalogue Magasin.
- Le choix de la méthode de gestion.
- La réduction du coût de possession des stocks.
- L'implantation et le classement du magasin, etc.

### **Le Contrôle Qualité**, pour :

- Les défauts de qualité et les rebuts dus à l'état du matériel ou à sa maintenance.
- Les résultats du contrôle statistique.
- La maintenance et l'amélioration des moyens de contrôle, etc.

### **La Comptabilité et le Service financier**, pour :

- Définir et donner les informations nécessaires à la Maintenance.
- Les relations économiques entre amortissement et maintenance.
- Les cycles de révision économiques du matériel.
- Maintenir ou remplacer, etc.

### **Le Personnel**,

pour la gestion prévisionnelle du personnel ( évolution des carrières, permutations, promotions, départs, embauches, formation, etc.)

### **La Sécurité**,

pour la sécurité du personnel et du matériel.

### **L'Energie**, pour :

- Les fournitures d'énergies à la Maintenance.
- Les mêmes raisons que la Fabrication.

### **L'Informatique**,

pour le système et les moyens d'information.

On voit donc que l'amélioration de la gestion et de l'organisation de la maintenance est une opération qui nécessite la participation coordonnée d'autres fonctions ou services de l'entreprise. Cette action ne peut être menée par le seul service Maintenance et doit, pour aboutir à des résultats complets, être l'œuvre d'une équipe animée et coordonnée par la Direction ou par un animateur mandaté par elle.

Cette opération présente aussi l'avantage de faire communiquer entre eux des hommes qui proviennent de services et fonctions différents et qui sont concernés par les mêmes problèmes et les mêmes objectifs de progrès.

## Comment quantifier la structure

### Réalisation

- Equipe postée assurant des dépannages, et réalisant des travaux prévus : un contremaître pour 4 à 6 agents opérationnels.
- Equipe de secteur n'assurant que peu de dépannages : un contremaître pour 7 à 10 agents opérationnels.
- Equipe « mécanique » d'atelier central : un contremaître pour 10 à 15 agents opérationnels.
- Equipe « électrique » d'atelier central, avec prise en charge de dépanneurs électriciens postés : un contremaître pour environ 10 agents opérationnels.
- Equipe « électrique » d'atelier central, sans prise en charge de dépanneurs électriciens postés : un contremaître pour 6 à 8 agents opérationnels.

*Il faut toujours analyser les historiques sur 6 mois et les rapports de poste sur plusieurs semaines pour déterminer les répartitions.*

*La charge de travail d'un contremaître est fonction : du nombre de chantiers à ouvrir et fermer par jour, des procédures de sécurité, de l'étendue d'un secteur, du nombre de demandes d'achats par jour, de la contrainte des réunions.*

### Méthodes maintenance

- On ne doit faire une préparation complète que pour :
  - les travaux supérieurs à 30 heures de temps passé,
  - les travaux répétitifs,
  - les travaux nécessitant un arrêt de fabrication.

Pour déterminer cette importance, il faut faire des classements Pareto sur au moins 6 mois d'historiques, parfois 1 an.

En général, on considère que le % des heures préparables est :

- sidérurgie lourde : 80 %
- Sidérurgie à froid : 50 à 70 %
- Chimie : 50 à 70 %
- Papeterie, cimenterie... : 40 à 60 %
- Transformation moyenne, mécanique grande série : 20 à 40 %

- Le temps de préparation dépend :
  - de l'importance du travail,
  - du type de matériel et d'industrie,
  - de la spécialité professionnelle concernée.

On doit avoir pour objectifs les valeurs suivantes :

- 1 heure de préparation pour 12 heures de travail en électricité,
- 1 heure de préparation pour 20 heures de travail en mécanique,
- 1 heure de préparation pour 25 à 30 heures de travail en tuyauterie,
- 1 heure de préparation pour 30 à 35 heures de travail en chaudronnerie.

Ces objectifs peuvent être atteints si toutes les conditions sont réunies : documentation technique en ordre et facilement accessible, documentation générale existante, procédures d'achats non contraignantes, hommes méthodes formés.

Très fréquemment, en l'absence d'une bonne organisation, ces conditions ne sont pas remplies et on doit alors démarrer avec des ratios beaucoup plus faibles.

- Nombre de techniciens méthodes maintenance, en dehors de tous travaux de secrétariat qu'on pourrait leur confier :
  - pour toute la partie hors préparation : 1 homme pour 3,5 M € de chiffre d'affaires maintenance,
  - pour la partie préparation : à calculer.

Très généralement on arrive à un technicien méthodes maintenance pour environ 1,5 M € à 2 M € de coût de maintenance, à condition que la documentation soit en ordre, que le préventif soit défini, que les pièces soient codifiées.

### Ordonnancement

Avec 50 % d'heures en travaux de type U3, il faut compter un responsable de l'ordonnancement pour 250 personnes en maintenance.

### Magasin

- 1 réception d'achat direct en colis < 25 kgs = 6 min
- 1 réception d'achat direct sur palette > 25 kgs = 10 min
- 1 réception de réapprovisionnement + mise en magasin < 25 kgs = 10 min
- 1 réception de réapprovisionnement + mise en magasin > 25 kgs = 15 min
- 1 sortie magasin < 25 kgs = 3,5 min
- 1 sortie magasin > 25 kgs = 10 min
- Inventaire sur casier = 1,5 min par article
- Inventaire sur palette = 5 min par article
- Gestion magasin et stocks = 1 responsable pour un coût de maintenance de l'ordre de 7 M €/an
- Rapport nombre d'entrées / nombre de sorties doit tendre vers 1/5, sinon il faut revoir les regroupements de commandes.
- Par ailleurs, il faut considérer les temps nécessaires aux nettoyages, découpes des fers, livraisons sur site, gestion des outillages.

### Rapports indirects / directs

Avec un taux de sous-traitance inférieur à 10 %, le rapport entre le personnel de cadres + ETAM et le personnel opérationnel interne et en régie (ayant la boîte à outils) devrait tendre vers 1 / 4,5. Si la sous-traitance est supérieure, il faut considérer le temps qu'elle nécessite en personnel ETAM.

# Deux impératifs de maintenance

	Page
<b>Nomenclature fonctionnelle.....</b>	<b>55</b>
<b>Demandes et ordres de travaux.....</b>	<b>60</b>

# Nomenclature fonctionnelle

## Définition

La nomenclature du matériel est l'énumération, la classification et la codification du matériel, vues sous un angle maintenance.

## Objectifs

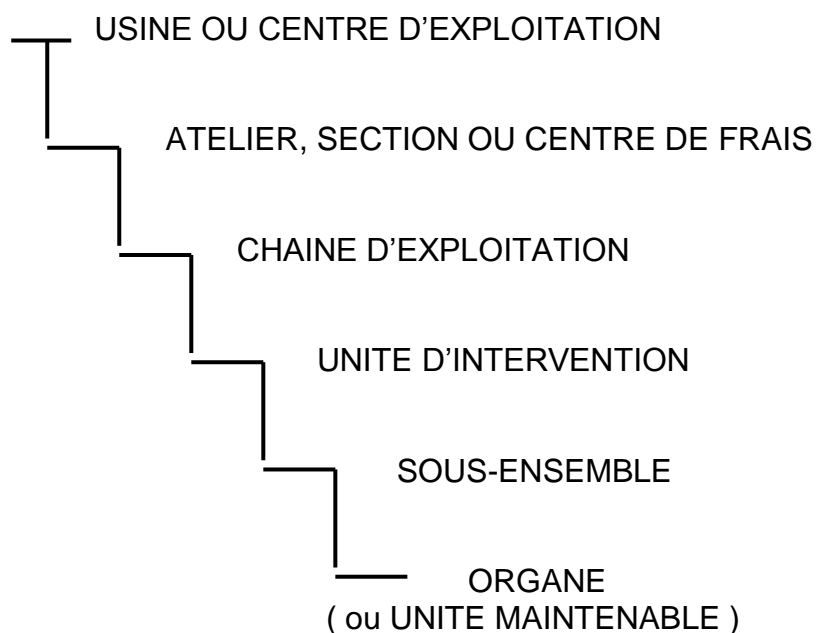
- Répertorier et identifier le matériel, pour en établir un fichier.
- Permettre le classement de la documentation technique et historique du matériel.
- Servir d'outil de base à l'analyse technique des coûts de maintenance.
- Servir de base à l'établissement du budget de maintenance du matériel.
- Servir de base à l'étude et la mise en place d'un plan de maintenance préventive, et en général à la définition des méthodes de maintenance.
- Servir de base à l'établissement d'un tableau des qualifications.

## Nomenclature suivant l'adresse

Il s'agit là de la nomenclature fonctionnelle établie suivant la localisation des matériels.

D'une manière générale, le classement du matériel est fonctionnel au regard de l'exploitation ; il se superpose avec les imputations comptables.

Le schéma, ci-après, figure le principe général





C'est au dernier niveau que sont définies les opérations de maintenance préventive ainsi que les pièces de rechange.

Note : dans les grosses usines, on peut intercaler la notion de SECTEUR entre USINE et ATELIER.

### **Atelier, section ou centre de frais**

Le niveau de nomenclature correspond à une imputation comptable (de ce fait, grâce à la nomenclature, le coût de maintenance peut être imputé directement au prix de revient).

### **chaîne d'exploitation**

Une chaîne d'exploitation est un ensemble homogène d'installations, machines et appareils dont l'usure ou la diminution de rendement est fonction du même nombre d'unités mises en œuvre (ou d'une fraction constante de cette quantité) dont l'unité caractérise le mieux l'utilisation (heures de marche, pièces, tonnes, etc.)

Ce classement par chaînes d'exploitation permet :

- de séparer les coûts fixes (matériels dont l'usure est liée au temps calendaire) des coûts variables (matériels dont l'usure est liée à l'utilisation), dans le domaine de la maintenance,
- de simplifier le suivi de l'utilisation du matériel,
- d'adapter la maintenance à cette utilisation (notamment la maintenance préventive),
- de faciliter la coordination et le regroupement des travaux lors d'un arrêt.

### **Unité d'intervention**

Une unité d'intervention (communément appelée U.I.) est un ensemble d'organes ou d'appareils qui concourant à une fonction complète, mais limitée, de production.

En principe, une unité d'intervention comprend :

- Un organe de commande.
- Un organe moteur.
- Une transmission.
- Un organes, ou sous-ensemble de fonction.
- Des organes d'asservissement, de régulation et de contrôle (sauf dans le cas d'un asservissement d'une chaîne d'exploitation : dans ce cas, on fait une UI spécifique).

En général :

- le suivi des historiques et des coûts est fait au niveau des UI (le regroupement des coûts étant fait ensuite au niveau des chaînes d'exploitation et ateliers ou sections),

- les dossiers techniques sont faits par UI type.

### Sous-ensemble et organe

Ce sont des parties d'unités d'intervention. Leur identification permet de réaliser certains suivis et analyses techniques.

### Famille, groupe, sous-groupe

Le découpage précédent, de l'usine à l'organe, est un découpage arborescent.

Dans certaines usines où il y a de nombreuses unités d'intervention, et de nombreux sous-ensembles semblables, il paraît judicieux de pouvoir faire des classements à l'horizontal pour :

- comparer des coûts,
- pouvoir faire des analyses de défaillances par comparaisons,
- établir des descriptifs techniques types.

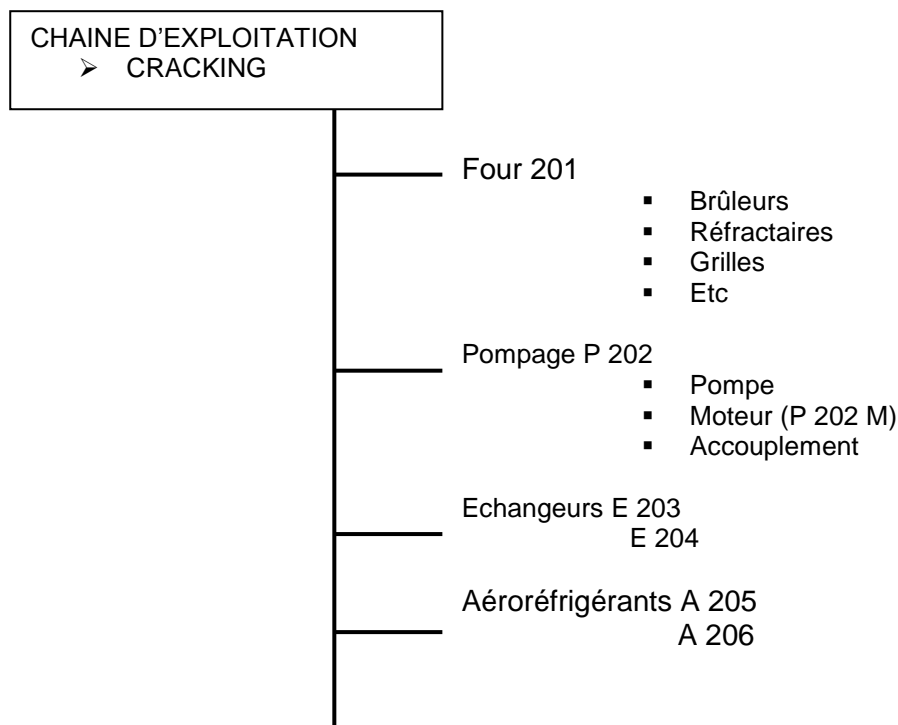
#### Exemple N°1

Famille	Machine réceptrice	➤ R
Groupe	Pompage	➤ R 1
	Ventilateurs	➤ R 2
	Surpresseurs	➤ R 3
	Compresseurs	➤ R 4
	Agitateurs	➤ R 5
	Réducteurs et variateurs	➤ R 6
	Fours	➤ R 7
	Matériel annexe	➤ R 8
Sous-groupe : Pompage	Pompes centrifuges	➤ R 11
	Pompes volumétriques alternatives	➤ R 12
	Pompes volumétriques rotatives	➤ R 13
	Pompes doseuses	➤ R 14
	Pompes centrifuges verticales	➤ R 15
	Autres	➤ R 16

#### Exemple N°2

Dans cet exemple, il n'y a que la notion de Famille (F = Four) et de Sous-Famille (m = Moteur).

Le code de l'Unité d'Intervention comprend donc :  
un code d'adresse ( 201 par ex.)  
un code famille (F par ex.)



NOTE : dans l'industrie de transformation, et particulièrement le secteur mécanique, il est difficile d'avoir ce mode de classement à l'horizontale.

Par contre, on peut affecter un code spécifique pour certains types d'organes (roulements, courroies..) afin d'identifier ceux qui entraînent le plus d'interventions et de remplacements.

### Codification de la nomenclature suivant l'adresse

Le plus simple est d'affecter 2 caractères à chaque niveau :

ATELIER ou SECTION = X  
CHAÎNE D'EXPLOITATION = XX  
UNITÉ D'INTERVENTION = XX

Ainsi une UI est identifiée par 5 (ou 6) caractères significatifs.

La codification des sous-ensembles et organes peut être faite à la demande pour des analyses techniques temporaires et spécifiques, ou on peut se limiter à la codification des sous-ensembles.

Lorsque le classement à l'horizontale est possible (famille, groupe, sous-groupe, ou famille et sous-famille), cette codification complète la précédente.

### Utilisation de la nomenclature

Si un système informatique existe, il doit permettre l'arborescence jusqu'à l'organe.

En utilisation, il faut faire de la sélectivité :

- affecter les interventions à l'UI d'une manière courante,
- utiliser la possibilité de la codification s/ensemble et organe pour des suivis et analyses limités dans le temps.

Il convient d'établir un petit répertoire de cette nomenclature.

### **Cas particulier où le matériel est mobile**

Dans ces entreprises, la plupart du matériel est appelé à être fréquemment déplacé.

Le classement du matériel est effectué par familles.

Il ne se superpose pas avec les imputations comptables et pour les dépenses de maintenance on est obligé :

- soit d'opter pour deux imputations : une imputation par machine + une imputation pour le prix de revient,
- soit d'imputer ces dépenses par type de machine, et de les répartir ensuite suivant un clé de répartition.

Le matériel est classé suivant le modèle suivant :

- familles,
- catégories par famille,
- constructeurs dans chaque catégorie,
- type chez chaque constructeur.

La codification du matériel peut être :

- soit semi-idéologique (famille - catégorie - constructeur - type) ,
- soit aveugle (4 ou 5 chiffres) et correspondre, si possible, au numéro d'immatriculation comptable, en informatique ; elle correspond bien sûr à la codification semi-idéologique mise en mémoire.

### **Nomenclature suivant le matériel individualisé**

Certains matériels réparables méritent parfois des suivis individualisés. Dans ce cas, il s'agit de matériels dits « immatriculés » qui ont donc un numéro d'immatriculation.

Dans ce cas :

- Chaque immatriculé a une fiche spécifique avec ses caractéristiques, cette fiche permettant de suivre l'évolution de certaines de ces caractéristiques.
- Le système informatique doit permettre d'affecter une intervention tant à l'immatriculé lui-même, qu'à l'adresse où il peut être en service ; il y a donc deux types d'historiques :
  - à l'adresse,
  - à l'immatriculé.

En principe, le nombre d'immatriculés doit être très limité.

## **Demandes et ordres de travaux**

### **Nécessite de la gestion**

Une bonne gestion de la Maintenance nécessite que les travaux soient connus avant, pendant et après leur réalisation. Les raisons sont :

- Gestion de l'activité :
  - connaissance du portefeuille,
  - estimation de la charge,
  - préparation des travaux,
  - ordonnancement des travaux,
  - lancement des travaux.
- Connaissance des historiques.
- Connaissance et suivi des coûts :
  - prévisionnels,
  - de réalisation.

### **Formalisation des DT et OT**

L'exécution des travaux est déclenchée par l'émission de Demandes de Travaux (DT), appelées parfois Demandes d'Interventions (DI).

Ces demandes doivent être approuvées et signées par des responsables. N'importe qui ne peut pas demander n'importe quoi.

Elles sont soumises au chef Maintenance (ou au chef de la réalisation par délégation) pour accord et définition de l'urgence. Après approbation (impérative pour exécution) elles deviennent alors des Ordres de Travaux (OT).

A noter que cette double notion DT/OT est essentielle dans le cadre de la mission et de la responsabilité du Chef Maintenance, à savoir qu'une opérationnelle ne peut agir que sur ordre et non sur demande

L'OT (généralement informatisé) comporte une ou plusieurs phases, c'est-à-dire un ou plusieurs BT (cas des travaux pluridisciplinaires).

C'est le BT qui sert à décrire le travail. A ce BT est joint le bon de sortie magasin, les bons de sécurité, les plans et schéma.

Lorsque le travail comporte plusieurs BT, donc plusieurs équipes, on doit réaliser une gamme d'ordonnancement (avec schéma d'enclenchement).

Contenu de la demande de travail / ordre de travail :

- nom du demandeur,
- date de la demande,
- délai souhaité,
- matériel concerné,
- objet de la demande,
- dates de mise à disposition du matériel,
- documents joints,
- code urgence (voir ci-après),
- nature de travail (voir ci-après),

- approbation du chef maintenance,
- éventuellement visa de fin de travaux.

Le temps passé par le personnel d'intervention peut être entré directement en informatique, ou à l'aide d'une fiche de pointage séparée.

### Sélectivité

Comme dans tout domaine de la maintenance, il s'agit là de respecter deux règles d'or :

1. Ne pas mettre en place un outil trop perfectionné, donc trop coûteux, qui soit disproportionné par rapport aux besoins.
2. Ne pas traiter tous les travaux sur un pied d'égalité.

60 à 70 % des travaux occasionnent 90 à 95 % des coûts de maintenance : ils font l'objet de DT/OT.

30 à 40 % des travaux n'occasionnent que 5 à 10 % des coûts de maintenance : ils ne font pas l'objet de DT/OT particulières, mais leurs coûts sont affectés à des OT permanents définis à l'avance. Cela concerne par exemple tous les travaux inférieurs à 2 heures, ou à 4 heures (suivant le classement ABC de l'entreprise).

### Notion d'urgence

Habituellement, on distingue trois circuits des documents, correspondant à l'urgence des travaux.

#### **Circuit Urgence 1**

Ce circuit concerne les cas :

- de panne,
- de risque immédiat pour les personnes.

Dans ce cas, il y a demande d'intervention immédiate, souvent par alerte directe ou téléphonique au chef d'équipe responsable du secteur, ou au dépanneur dans les petites usines.

Le technicien méthodes maintenance n'intervient que si le diagnostic s'avère difficile ou si l'intervention doit être longue.

Le travail est enregistré après coup. Dans le cas où il y a des matériels doublés, il est nécessaire de clarifier avec la Fabrication les cas où doit s'appliquer l'Urgence 1 lorsqu'il y a panne.

#### **Circuit Urgence 2**

Ce circuit correspond à un travail à effectuer dans un délai de quelques jours au maximum (en principe la semaine).

Le dossier n'est préparé que si le Chef Maintenance le juge nécessaire ; il est transmis immédiatement à la réalisation du travail. Ces travaux sont mis en main dès que l'équipe qualifiée est libre.

Ces travaux concernent essentiellement des réparations.

#### **Circuit Urgence 3**

Il concerne les travaux dont le délai est supérieur à la semaine. Ces travaux sont en général préparés et ordonnancés.

Ce sont des travaux :

- de maintenance préventive,
- de modifications,
- de grosses réparations.

[illegible]

## Natures de travaux

Les différentes natures de travaux que le personnel opérationnel d'un Service Maintenance peut accomplir sont les suivantes.

### 1. Maintenance du matériel

- Dépannages,
- Réparations, ou remises en état
- Maintenance préventive.
- Améliorations de maintenance (pour réduire le coût global de la maintenance).

### 2. Améliorations du matériel pour la Fabrication

Leurs objectifs sont :

- l'augmentation de la capacité de production,
- l'amélioration de la qualité,
- la réduction des coûts de production.

### 3. Travaux neufs

Ce sont les prestations réalisées par le personnel de maintenance sur les projets de travaux neufs : construction, installation, démarrage et mise au point.

### 4. Exécution de pièces pour le magasin

Dans ce cadre, le Service Maintenance agit comme un fournisseur.

### 5. Travaux pour la sécurité

### 6. Travaux d'amélioration des conditions de travail

- hygiène,
- conditions de travail,
- environnement et pollution,
- etc ;

### 7. Travaux d'essais

### 8. Travaux pour les outillages de fabrication

### 9. Prestations diverses

Certains de ces travaux concernent des dépenses qui n'ont rien à voir avec la maintenance.

Or « bien gérer » c'est d'abord « connaître », c'est-à-dire distinguer dans les coûts et dans le budget maintenance, ce qui est maintenance de ce qui ne l'est pas. **C'est très important.**

En fait, le Service Maintenance a deux responsabilités :

1. Assurer la gestion de la maintenance du matériel.
2. Effectuer différentes natures de travaux (travaux neufs, modifications pour fabrication, travaux de sécurité, etc.) en qualité de fournisseur.

Dans ce cadre, il est conseillé que :

- pour les travaux de maintenance, le demandeur exprime une « anomalie constatée » : c'est de la responsabilité du Chef de maintenance de définir ce qui doit être fait,
- pour les travaux hors maintenance le demandeur exprime ce qui doit être fait (le travail demandé) : le Service maintenance n'agit qu'en qualité de fournisseur.

Par ailleurs, il est nécessaire de prévoir la mise en place d'une codification par nature de travail à un ou deux chiffres de manière à classer les dépenses correspondant à ces différents postes et à isoler celles qui concernent réellement la maintenance.



Cette codification figure sur la DT/OT.

*Exemple :*

1. MAINTENANCE COURANTE
  - 1.1 Dépannage
  - 1.2 Réparations hors dépannages (remises en état)
  - 1.3 Maintenance préventive
  - 1.4 Modifications pour raisons de maintenance
2. « GROS ENTRETIEN »
3. PRESTATIONS POUR TRAVAUX NEUFS
4. PRESTATIONS DIVERSES
  - 4.1 Modifications pour raisons de fabrication
  - 4.2 Modifications pour sécurité/hygiène
  - 4.3 Fabrication de pièces de rechange, etc.

L'ensemble concerne le chiffre d'affaires global du Service maintenance, le poste 1 ayant trait spécifiquement au coût maintenance.

Le poste « Gros entretien » est particulier. En général, il comprend des gros travaux de maintenance (type rénovation de matériel) et de petits investissements cachés.

### Bons de sécurité

Très généralement est établi un « Permis de Travail » par lequel la Fabrication précise :

- les date et heure d'exécution d'un travail,
- la nature des risques dans la zone des travaux.
- les consignes de sécurité à respecter.

#### Nature des risques dans la zone des travaux

*Exemples :*

Produits inflammables	Produits chauds sous pression	Autres intervenants
Produits corrosifs	Portiques	
Produits toxiques	Risques de chutes	
Atmosphère dangereuse	Mécanisme en mouvement	
Danger d'explosion	Sources radioactives	
Zone dangereuse avoisinante	Fosses – égouts ouverts	
Proximité matières combustibles	Events, soupapes	

La consignation électrique est la procédure de sécurité la plus courante. Trop souvent elle nécessite le déplacement d'un électricien avant le travail (consignation) et après le travail (déconsignation). De plus en plus, on installe des sectionneurs protégés dans les ateliers ce qui permet une consignation à deux cadenas par la fabrication et par l'intervenant de maintenance.

Il existe deux autres formes de consignation :

- la consignation hydraulique qui complète la consignation électrique par l'isolement des accumulateurs,
- la consignation mécanique qui complète la consignation électrique par certaines mesures telles que la pause de chandelles sous un plateau de presse.

D'autres mesures de sécurité pouvant être requises concernant le matériel sont :

- le permis de feu,
- le permis de pénétrer,
- l'autorisation de fouille,

- l'isolement circuit,
- le contrôle d'atmosphère,
- l'utilisation d'appareils anti-déflagrants EX,
- Etc

Par ailleurs, le permis de travail mentionne les protections individuelles spéciales :

- harnais de sécurité,
- bottes caoutchouc,
- combinaison étanche,
- tenue anti-acide,
- masque autonome,
- type de gants,
- etc.

Pour les entreprises extérieures s'ajoutent d'autres mesures telles que le Plan de prévention.

### **Enregistrement des pannes**

Dans la majorité des entreprises, maîtriser les pannes est essentiel.

Dans ce cas les DT/OT classiques ne sont pas suffisantes pour fournir les renseignements nécessaires aux analyses.

Notamment, les éléments suivants sont nécessaires :

- le jour et l'heure de début de panne (l'heure peut être significative d'une cause),
- la durée qui comprend tous les temps : attente du dépanneur – dépannage par électricien – dépannage par mécanicien – attentes entre corps de métiers – temps de remise en marche,
- l'anomalie constatée, et le travail réalisé (l'anomalie constatée est la notion la plus importante, car c'est elle qui permettra l'analyse nécessaire à la recherche de la cause si celle-ci n'est pas trouvée lors du dépannage ).

Plusieurs formules sont possibles :

- Enregistrement sur un système complet de suivi du Taux de Rendement Synthétique sur ligne : multiples capteurs et programme informatique à deux voire trois niveaux.
- Enregistrement dans une GMAO.
- Enregistrement sur un programme Excel développé par la fabrication pour le suivi du TRS.
- Enregistrement au poste de chef de ligne.
- Enregistrement dans un programme développé par la maintenance.

Par ailleurs, on peut faire des corrélations avec des informations données par une centrale de défauts.

Exemple d'informations qui peuvent être mentionnées :

- Par la Fabrication : l'équipement concerné, la date, l'heure de début de panne et la panne constatée.

- Par la Maintenance : la durée, l'anomalie constatée, le travail réalisé, les heures de prestations, le code « domaine technique » (corps de métier) et éventuellement :
  - . le code « cause de la panne »,
  - . le code « type d'organe ».

Grâce à l'assistance de l'informatique on peut effectuer différents classements sélectifs pour mieux connaître la situation des pannes et établir un état des pannes classées :

- par matériel,
- par durée, coût et fréquence,
- par domaine technique d'intervention,
- par cause,
- par type d'organe affecté.

On peut également effectuer des classements ABC (dits de Pareto) suivant des ordres décroissants d'importance, et des histogrammes.

Note : pour le « code cause », on peut identifier par exemple les natures suivantes :

- cause liée à la conception du matériel,
- cause liée à l'utilisation du matériel :
  - . surcharge permanente,
  - . surcharge temporaire,
  - . consigne inexistante ou inadaptée,
  - . etc.
- cause liée à la maintenance du matériel :
  - . insuffisance de préventif,
  - . graissage inexistant ou inadapté,
  - . erreur de montage, ou de réglage,
  - . pièce de rechange de qualité non conforme,
  - . etc.
- cause liée à l'environnement :
  - . température,
  - . humidité,
  - . poussière,
  - . vibrations,
  - . etc.
- cause liée à l'extérieur :
  - . orage,
  - . coupure d'électricité,
  - . etc.

Ceci dit, si la défaillance est répétitive cela signifie bien souvent que le dépanneur n'a pas détecté la cause réelle.

Date ▼	Posti ▼	Machine ▼	Durée ▼	Anomalie ▼
02/01/2008	1	U1 PU	01:00	Réarmé plir sécurité
02/01/2008	1	PU 7	00:30	Réarmé scanner
02/01/2008	1	Fischer 2	00:30	Def spleisser - Réglage pression + R.E.E poste enroulage 1A
02/01/2008	1	Fischer 1	00:30	Def mis en auto - Réglage
02/01/2008	1	Calemard 1	01:00	Remplacé trancanneur
02/01/2008	1	EST 5	00:30	Refixé segments sur tambour flancs
02/01/2008	1	EST 15	00:30	Réglage detection sur tête spool 2
02/01/2008	1	PU 21	00:15	Def pression + Réglage
02/01/2008	1	PU 1	00:30	Def ouverture poste spul - Réinit modul beckhoff
02/01/2008	1	Calemard 1	00:45	R.E.E 2 rouleaux detour
02/01/2008	1	KM 3	01:30	Def coupe plis - Eliminé bourrage + R.E.E entrainement + remplace 1 Detecteur
02/01/2008	1	U1 KM	00:30	Def centrage plis - Réglage
02/01/2008	1	EST 9	00:30	Def coupe ceinture A - R.E.E couteau
02/01/2008	1	Paland	00:45	R.E cycle de tous les convoyeurs
02/01/2008	1	KM 6	01:00	Def frein cassette chape - éliminé défaut
02/01/2008	1	U 2	01:00	Remplacé disjoncteur principale ascenseur
02/01/2008	1	EST 5	01:30	Def KUK - remplacé rail + THK palette + remplacé detecteur
02/01/2008	1	U3 KM	00:15	Réglage detecteur porte
02/01/2008	2	EST 5	03:00	Changé amortisseur aiguillage + réglage coupe pli + interbus axe 11 aérée carte
02/01/2008	2	PU 7	01:30	Remis en etat embrayage + changé roulement detour spool + réfixé vis san fin translation tête 2 + défaut cycle pose spool relancé P
02/01/2008	2	Textile 1		Def variation largeur coupe divers réglages
02/01/2008	2	Conv UAP 2	02:30	Def cycle convoyage lots UAP 1 remis en cycle
02/01/2008	2	KM 13	00:45	Éliminé bourrage du convoyeur pli
02/01/2008	2	KM 5	02:30	Def avance cloche droite changé 2 distributeurs + changé 1 distributeur mauvaise config
02/01/2008	2	KM 6	02:00	Remis en etat barre ventouse + refixé divers vérins
02/01/2008	2	EST 4	02:00	Def moteur convoyage surcharge inversé carte CNC axe 4 avec 5 + relance avec difficulté
02/01/2008	2	EST 2	02:30	Def avance servicer BdR changé clapet pilote + vanne régulatrice + fixé cable detecteur
02/01/2008	2	Pulvérisatrice 3	01:00	Def cycle retournement avec pneu renault (UAP1) divers essais sans résultat enlevé rouleau
02/01/2008	2	Apex 2	03:00	Def mise sous pression remis en cycle
02/01/2008	2	KM 14	00:30	Nettoyage + réglage barrière immatérielle
02/01/2008	2	EST 3	01:30	Interbus OBF relance PC avec difficulté + DRWATSOW
02/01/2008	2	KM 9	00:30	Remis en etat prémolteur
02/01/2008	2	PU 8	00:30	Remplacé couteau 1ere ceinture
02/01/2008	2	Calandre Textile	01:00	Def variateur poste enroulage 2 rearmé variateur + nettoyé filtre sur moteur
02/01/2008	2	Boudineuse 2		Def lubrification adapté nouvelle pompe + échangeur réducteur machine sup HS
02/01/2008	2	Mélangeur 1	04:30	Changé OP37 suite def lancement recette + changé distributeur graissage anneau + rechangé pilote de distributeur + nettoyage aspi

### Répertoire d'enregistrement

Afin de connaître à tout moment la situation des demandes, tant pour la Maintenance que pour la Fabrication ou autre demandeur, il est nécessaire d'enregistrer et suivre l'avancement des DT/OT. C'est le but du Répertoire d'enregistrement et de suivi des DT/OT (informatisé) qui comprend les rubriques suivantes :

- Date émission
- N° DT/OT
- Demandeur
- Urgence : (U1), U2, U3
- Code Nature de travail
- Délai demandé
- Délai prévu
- Dates de situation :
  - . en préparation,
  - . en ordonnancement,
  - . en réalisation (en distinguant éventuellement la sous-traitance)
  - . date de fin.

Ce répertoire doit pouvoir être consulté facilement.

2	N° DT	Demandeur	N° Secteur	N° Ligne	N° Machine	Machine	Date OT	N° OT / BT	LIBELLE	U	Nature	Prev. Semaine	Pers Durée hrs	Nb Métier	Situation	A.M	Date fin Jour	Mois	Année	Tps Réalisé	Coût MO	Coût sorties magasin	Coût achats directs	Coût straitance	COUT TOTAL
3																									
4																									
11			1	G5	525	Planeuse C21	01.02.14	1023	Dépose repose PST Planeuse C21								1	6		30					
12			1	G5	530	Essorage	01.02.14	1026	Contrôle de 2 essoreurs				2	EL			1	6		8					
25			1	G5	530	Essorage	01.02.14	1019	Révision 7 essoreurs											20					
29			1	G5	530	Essorage	01.02.14	1027	Réglage et nettoyage cellule collecteur côté dr				1	EL											
33			1	G5	530	Essorage	01.02.14	1028	Dépannage																
48			1	G5	505	Dérouleuse	01.02.14	1030	Régler le variateur de vitesse				2	EL											
49			1	G5	505	Dérouleuse	02.02.14	1029	Echange PST 66 75											18					
55			1	G5	505	Dérouleuse	02.02.14	1031	Remplacement PST 60, 63, 64, 65 et 77											32					
77			1	G5	508	Dérouleuse	02.02.14	1033	Remplacement PST position 65 et 66											12					
79			1	G5	510	Planeuse	03.02.14	1032	Remplacement du moteur				2	EL											
87			1	G5	508	Dérouleuse	03.02.14	1034	Remplacement PST position 61, 66, 75, 77											16					
88			1	G5	510	Planeuse	04.02.14	1035	Echange cassette planeuse											24					
128			1	G5	534	Basculeur	04.02.14	1036	Echange galet nord											16					
129			1	G5	505	Dérouleuse	04.02.14	1037	Remplacement du moteur				2	EL											
133			1	G5	505	Dérouleuse	05.02.14	1038	Remplacement de 3 PST											18					
135			1	G5	505	Dérouleuse	05.02.14	1040	Remplacement du moteur				2	EL											
137			1	G5	505	Dérouleuse	05.02.14	1039	Travaux de remplacement PST pos 64 et 65											8					
142			1	G5	523	Tire bande	05.02.14	1041	Remplacement kabelschlepp tire bande											67,5					
143			1	G5	530	Essorage	06.02.14	1042	Contrôle de 10 rouleaux essoreurs											40					
147			1	G5	505	Dérouleuse	06.02.14	1043	Dépannage																
150			1	G5	505	Dérouleuse	06.02.14	1044	Remplacement de 3 PST											15					
151			1	G5	524	Table à rouleaux	06.02.14	1045	Remplacement de 4 rlx PST											15					
161			1	G5	523	Unité d'arrosage	06.02.14	1046	Nettoyage de la batterie d'eau surchauffée											12					
171			1	G5	505	Dérouleuse	06.02.14	1047	Remplacement de la tige d'expansion											16					

## Rapport journalier

Il est impératif que chaque responsable de réalisation connaisse l'activité de son personnel.

Le « rapport journalier » ( ou « rapport de poste ») est à établir en priorité dans toute organisation de maintenance, au même titre que le répertoire d'enregistrement et de suivi des DT/OT, avant la mise en place de tout autre moyen organisationnel concernant l'activité.

La structure de ce rapport journalier dépend de l'organisation générale.

Il peut sortir directement de la GMAO si les heures par OT sont enregistrées directement.

Il peut être obtenu par le tableau de distribution informatisé.

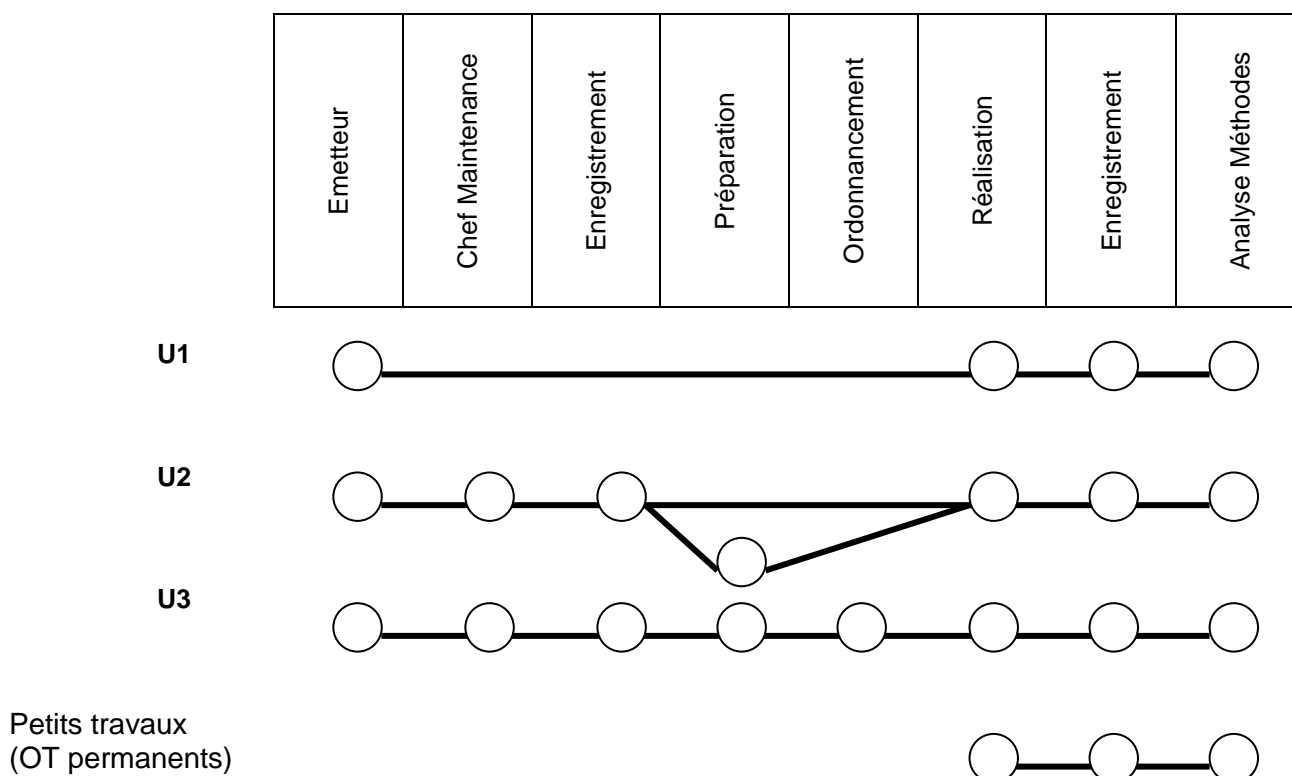
## Circuit des DT/OT

Le classement des DT/OT suivant l'Urgence (U1,U2,U3) et la notion de petits travaux affectés sur OT permanents permet de faire une sélectivité dans les procédures.

Le Tableau suivant montre le schéma classique du circuit des DT/OT

Dans tous les cas quelle que soit l'urgence, l'intervention est enregistrée dans les « historiques » d'une part et au titre de suivi des coûts d'autre part (suivi comptable suivant les chaînes d'exploitation et unités d'intervention).

Ne figure pas dans le tableau ci-après la partie « étude de rentabilité et « accord sur devis » qui est à mettre en place pour les modifications demandées par la Fabrication, et les modifications demandées par la Maintenance dont le coût ne peut être compensé par des gains sur un exercice (dans ce cas là, en principe il doit y avoir accord préalable de la Direction).



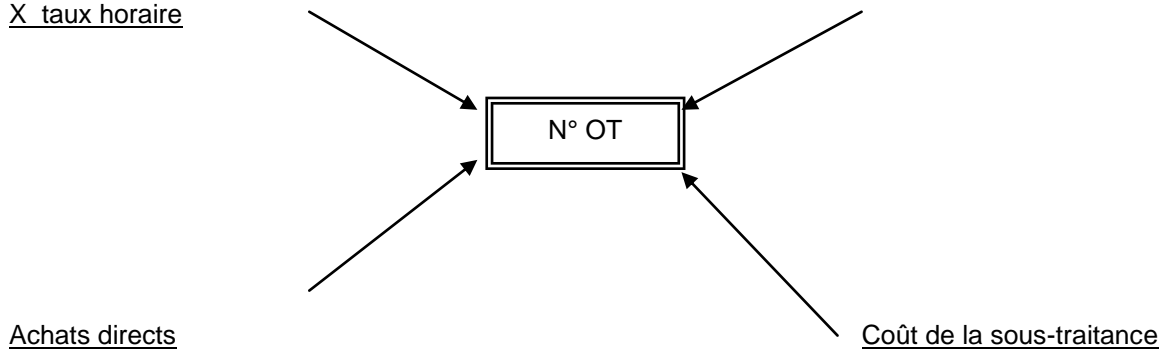
Note : dans certains cas de pannes importantes, la Réalisation peut demander une préparation.

### La connaissance des coûts à partir des OT

Le principe est que toute dépense concernant un travail doit être affectée au numéro de l'OT de ce travail (OT spécifique ou OT permanent)

Heures main d'œuvre interne  
X taux horaire

Sorties magasin valorisées



De ce fait :

1. On peut connaître le coût de toute intervention.
2. L'OT faisant référence à un matériel, on peut donc connaître le coût de maintenance de ce matériel, et de la chaîne à laquelle il appartient.
3. L'OT étant affecté de codes de tris, on peut donc connaître les coûts :
  - par nature d'urgence,
  - par nature de travail,
  - par corps de métier.



# Différents moyens d'organisation

	Page
<b>Documentation.....</b>	<b>73</b>
<b>Gestion et formation du personnel.....</b>	<b>80</b>
<b>Préparation des travaux prévus.....</b>	<b>98</b>
<b>Préparation des dépannages.....</b>	<b>109</b>
<b>Planification.....</b>	<b>119</b>
<b>Gestion des stocks.....</b>	<b>134</b>
<b>Tableau de bord.....</b>	<b>159</b>
<b>Réunions de coordination.....</b>	<b>178</b>

## Documentation

La documentation de la maintenance est un outil dont le personnel se sert constamment dans ses nombreuses tâches ; indispensable au bon fonctionnement du service Maintenance, elle doit être constituée avec soin et sans cesse mise à jour. Elle comprend :

- la documentation générale,
- la documentation technique.

### Documentation générale

Elle est composée de :

#### **La documentation sur les techniques professionnelles**

- formulaires ;
- livres techniques ;
- articles de revues.

#### **La documentation générale sur l'outillage, les fournitures et le matériel standard**

- tous les standards et toutes les normes ;
- catalogues de l'entreprise : catalogue des outillages spéciaux, catalogue des matières et pièces de rechange ;
- catalogues de constructeurs ;
- catalogues de fournisseurs.

### Documentation technique

#### **Niveau de la chaine d'exploitation**

- Menu de toute la documentation
- Liste de tous les plans
- Plans généraux d'implantation
- Schémas logiques des circuits généraux
- Tableau des instruments de mesure, réglage, alarme
- Schémas logiques et check-lists de dépannage
- Plan de maintenance
- Plan de lubrification
- Fichier moteurs (ou au niveau usine)
- Fichier pompe (ou au niveau usine)

#### **Dossiers electriques**

Sont classés dans l'ordre de la nomenclature :

- Tous les plans électriques, bien souvent de type »autocad » en format A4 (généralement disponibles dans les salles électriques).
- La nomenclatures des composants, enrichie lors de chaque achat de pièces.
- La documentation des constructeurs.
- Les modes opératoires et valeurs de réglage.
- Les programmes des automatismes (qui peuvent être classés dans un ordre spécifique aux automatismes).
- Schémas logiques des circuits de régulation et automatismes

- Outils d'aide au diagnostic
- Le tableau des Instruments de mesure, réglage, alarme

Il est souhaitable de posséder des schémas « fil à fil » qui soient placés dans les armoires électriques.

### **Dossiers mécaniques**

Généralement, on constitue un dossier technique par Unité d'intervention type (donc un seul pour des unités d'intervention semblables).

Les dossiers techniques sont classés dans l'ordre de la nomenclature, souvent (c'est le plus pratique) dans des dossiers suspendus au Bureau Méthodes.

Chaque dossier comprend tous les renseignements et documents concernant un type d'unité d'intervention :

- les éléments d'identification : désignation du type, constructeur, caractéristiques générales, croquis, vue d'ensemble ou photo,
- le répertoire des documents classés dans le dossier,
- la liste des UI du même type.

**REPERTOIRE DES DOCUMENTS CONTENUS  
DANS LE DOSSIER TECHNIQUE TYPE**

N° Type :

DESIGNATIONS		OBSERVATIONS	Classé dans DT
1	Caractéristiques principales		
2	UI de même type		
3	Délimitation - localisation		
4	Nomenclature des organes principaux		
5	Liste des plans – schémas - notices		
6	Liste des Fiches techniques		
7	Nomenclature des pièces d'usure		
8	Nomenclature des pièces de rechange		
9	Modifications effectuées depuis l'origine		
10	Gammes types de réparation		
11	Gammes types d'intervention		
12	Notes techniques		
13	Liste des outillages spéciaux		

**Fiche technique**

Pour des appareils ou organes susceptibles d'assurer diverses fonction de production, on crée une Fiche technique par type d'appareil ou type d'organe qui rassemble l'essentiel des éléments et des informations techniques.

<b>FICHE TECHNIQUE</b>				N° Fiche :			
DESIGNATION COMPLETE :							
CONSTRUCTEUR							
NOTICES – PLANS :							
CARACTERISTIQUES DE CONSTRUCTION :							
CARACTERISTIQUES D'UTILISATION :							
EPREUVES - ESSAIS							
PIECES D'USURE				Réf. CONSTRUCTEUR		Fréquence de rempl.	Code
rédacteur	date	révisions					page

## Standards techniques

Les standards techniques sont établis d'une manière très sélective, par technologie, afin que soient prises en compte, lors de la conception, quand cela est vraiment nécessaire :

- Les contraintes techniques et de sécurité propres à l'entreprise.
- La cohérence des choix techniques ( faits conjointement par Engineering et Maintenance )
- L'unicité des repérages et de la documentation.
- Des contraintes stratégiques : évolution des normes et des marchés.
- L'expérience de l'entreprise.

### Exemple : électricité et automatismes

- Schémas électriques
- Armoires et pupitres
- Alimentation et circuits de commande
- Repérage sur fils et câbles
- Ensembles précablés
- Coffrets électriques
- Principes généraux d'automatismes
- Constitution d'un dossier d'automatisme
- Documentation pour automate programmable
- Documentation pour machines informatiques

### Exemple : hydraulique

- Règles générales de conception des centrales hydrauliques
- Règles générales de réalisation des circuits hydrauliques
- Spécifications pour les fournitures d'appareils :
  - pompes
  - organes de distribution
  - appareils de contrôle et de réglages débit-pression
  - récepteurs ( vérins, moteurs )
  - accumulateurs
- Schémas hydrauliques

## Sélectivité

Dans la constitution de la documentation, il ne faut jamais perdre de vue deux règles d'or :

1. ne pas vouloir mettre en place un outil trop perfectionné, donc trop coûteux, qui soit disproportionné par rapport aux besoins et aux coûts de maintenance,
2. faire de la sélectivité, car il ne faut pas traiter tous les matériels et tous les problèmes sur un pied d'égalité.

Pour ce faire, il est judicieux d'utiliser des critères d'évaluation.

### Exemples de critères d'évaluation.

- Critère intrinsèque du matériel :

1. Complexité technologique :

Simple	0
Complexe	1
Très complexe	2

- Critère d'exploitation :

2. Importance de l'équipement dans le processus de production :

Secondaire	0
Principal	1
Vital	2

3. Engagement (taux de marche) :

	Episodique	0
	Intermittent	1
	Continu	2
- Critère de maintenance		
4. Coûts directs de maintenance		
	Faibles	0
	Moyens	1
	Elevés	2
- Critère économique		
5. Valeur de remplacement à l'identique		
	Peu coûteux	0
	Coûteux	1
	Très coûteux	2
6. Coûts indirects (perte de production)		
	Faibles	0
	Moyens	1
	Elevés	2

## Tables de criticité

On affecte chaque critère d'un coefficient de pondération en fonction du contexte de l'entreprise.  
Exemple :

Matériel X				
Critère	Valeur estimée	Coefficient	Points estimés	Points maxi
1	0	2	0	4
2	1	3	3	6
3	1	1	1	2
4	0	1	0	2
5	1	1	1	2
6	1	2	2	4
		Totaux	7	20

Indice de criticité :  $0 \leq i \leq 20$

On retiendra en priorité les équipements d'indices compris entre 15 et 20 pour l'établissement des dossiers machines (idem pour les mesures préventives).

## Classement ABC ( loi de Pareto )

Pour les critères 4 et 6, on peut utiliser la classification ABC.

A : 20 à 30 % des unités d'interventions classées par ordre décroissant d'importance représentent environ 70 % des coûts. Ces UI font l'objet d'une documentation élaborée.

B : La tranche des 20-30 % à 60-70 % des unités d'interventions classées par ordre décroissant d'importance représente environ 25% des coûts. Ces UI font l'objet d'une documentation moyenne.

: La tranche des 60-70 % à 100 % des unités d'interventions classées par ordre décroissant d'importance représente environ 5 % des coûts. Ces UI font l'objet d'une documentation faible ou nulle..



## Gestion et formation du personnel

### Commandement

Dans le passé, les services de maintenance ont eu, dans la plupart des cas, des attributions limitées au domaine technique. On les structurait par corps de métier (électricité, mécanique, etc.), et la carrière du personnel se déroulait au sein d'une filière spécialisée où les meilleurs professionnels étaient promus au rang d'agents de maîtrise. Ils n'avaient pas forcément les aptitudes requises pour exercer un commandement, et l'on perdait souvent d'excellents spécialistes tout en héritant de mauvais chefs.

Aujourd'hui, pour maîtriser la complexité des problèmes (humains, économiques, techniques, de gestion, etc.), il est indispensable de s'orienter vers un **commandement de coordination et de synthèse** ; la nécessité de travailler en liaison avec les autres services concernés par la Maintenance vient encore le confirmer.

Le chef n'est plus forcément celui qui « sait » dans tous les cas ; c'est celui qui a des capacités de coordination et de synthèse, et sait animer des équipes où l'on peut trouver un éventail de compétences plus ou moins étendu suivant les besoins.

Cette mutation du commandement, qui doit être accompagnée du rétablissement de l'autorité ne peut être valablement envisagée qu'avec une action de **formation à la gestion et à la conduite du personnel**.

**N'oublions jamais que les problèmes d'organisation sont d'abord et avant tout des problèmes humains et nécessitent obligatoirement des actions de formation et de motivation des hommes.**

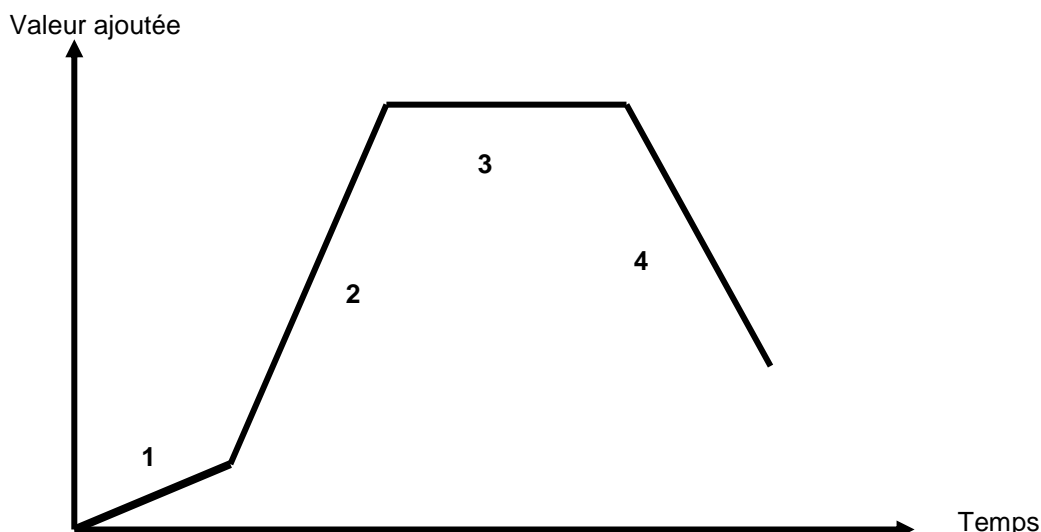
### Gestion du personnel

Les contraintes sociales et économiques amènent l'entreprise à mobiliser toutes ses ressources humaines. Nous constatons, par ailleurs, que le personnel de valeur aspire à la fois au changement et à la participation aux décisions : le personnel de maintenance fera de moins en moins carrière dans le service.

Déjà, ingénieurs et cadres changent de fonction ou de service. Demain, la maîtrise, les agents méthodes, les ouvriers devront être capables d'assimiler et d'assumer de nouvelles fonctions, de nouvelles responsabilités.

Chaque changement est pour l'individu l'occasion d'étendre le champ de ses compétences. Il permet à l'entreprise de progresser dans la voie du décloisonnement et d'augmenter son potentiel d'innovation et de progrès.

Notre évolution dans une fonction donnée peut être figurée par une courbe en cloche dont l'ordonnée représente la valeur ajoutée apportée dans une fonction, et l'abscisse le temps passé à l'exercer.



Cette évolution comprend les quatre phases suivantes :

- Phase 1 : phase d'apprentissage de la fonction ;
- Phase 2 : phase d'innovation ;
- Phase 3 : phase d'expérience ;
- Phase 4 : phase de routine.

Il est nécessaire, à la fois pour l'intéressé et pour l'entreprise, qu'un individu change de fonction avant la fin de la phase d'expérience. Au-delà, il n'est plus capable de remettre en cause cette expérience qui n'est plus adaptée aux nouvelles conditions créées par les évolutions extrêmement rapides de notre environnement.

Il faut suivre les personnes, prévoir et préparer leurs changements de fonction avant que ces personnes aient atteint la « durée de vie » dans leur fonction : c'est le problème de la **gestion prévisionnelle du personnel de maintenance**, qui fait partie des responsabilités du chef de la Maintenance avec l'assistance du chef des relations humaines.

A titre d'exemple, on estime que pour conserver, voire augmenter son efficacité, un agent d'exécution de maintenance doit changer d'activité, d'équipe ou de secteur, environ tous les huit ans.

### Formation fonctionnelle

Si l'on veut améliorer l'organisation de la Maintenance pour en accroître la productivité et l'efficacité, il est capital de prévoir et d'engager une action de formation fonctionnelle du personnel de Maintenance ainsi que de certains représentants des autres services concernés.

Cette formation comprend plusieurs volets.

#### Formation dite « générale »

Elle porte sur les orientations prises, la répartition des responsabilités et des tâches, les objectifs à atteindre, les priorités définies et le plan d'application retenu.

#### Formation à la conduite et gestion des hommes

Cette formation concerne essentiellement les agents de maîtrise.

Elle comprend les thèmes suivants :

## ***L'évolution du commandement***

- Le commandement de « synthèse et coordination ».
- Rôle des agents de maîtrise Réalistic.
- Motivation du personnel.
- L'agent de maîtrise animateur et formateur.
- Les styles de commandement.

## ***La gestion des activités et des équipes***

- Distribution du travail.
- Coordination des équipes.
- Comptes rendus des travaux.

## ***La motivation et la délégation***

- Motiver pour et par des objectifs précis.
- Principe de la délégation et du contrôle.
- Pourquoi et comment enrichir les tâches ?

## ***L'esprit d'équipe et les relations de travail***

- L'esprit d'équipe, facteur d'efficacité.
- Les liaisons hiérarchiques et fonctionnelles de l'agent de maîtrise.
- Savoir écouter et savoir transmettre.

## ***La gestion du personnel de maintenance***

- Appréciation du personnel.
- Tableau des qualifications.
- Etablissement et mise en œuvre d'un plan de formation.
- L'expression du personnel.

## ***La prise de décision***

- Comment sélectionner les priorités ?
- Les méthodes de raisonnement conduisant à la décision.

## ***Les préalables à la réalisation des travaux***

## ***La coordination de la sous-traitance***

## ***Les aspects relationnels et sociaux***

- Rôle des agents de maîtrise en matière de sécurité du travail.
- Législation et relations de travail.

# **Formation à la gestion économique**

Elle comprend les sujets suivants :

***Quelques notions de comptabilité analytique*** concernant en particulier le calcul du prix de revient des produits fabriqués et de l'heure de prestation du service Maintenance.

***L'établissement du budget de maintenance du matériel*** ainsi que du budget d'exploitation du service Maintenance.

***Le calcul et le suivi du coût indirect*** des matériels clés.

**Le suivi des coûts de maintenance** par :

- atelier, chaîne de maintenance et matériel ;
- nature de travail ;
- nature de dépense ;
- domaine technique d'intervention.

**L'analyse de ces coûts** avec ses limites et ses priorités.

**L'analyse d'une étude de rentabilité** sur :

Les améliorations et modifications de maintenance.

Les investissements à prévoir pour le service Maintenance.

Cette formation effectuée avec la participation du contrôleur de gestion vient compléter les formations générale et spécifique du personnel de la maintenance qui prend conscience, alors, que toute action technique doit être menée avec le souci constant d'optimiser les coûts.

## Tableau des qualifications

### Objectif

Le Tableau de Qualification a pour objectif d'identifier pour chaque ouvrier ses connaissances techniques et ses aptitudes professionnelles à intervenir efficacement sur les matériels clés.

### Descriptif

Avec le Tableau de Qualification, on utilise la grille de cotation suivante :

0. Opérateur « sans savoir »
1. Savoir sans exécution
2. Savoir faire instable
3. Savoir faire avec confiance

Les domaines concernés sont :

- Travaux types ( mécanique – montage – soudures – tuyauterie – calorifugeage.....)
- Matériels principaux
- Habilitations



## Formation technique

La formation technique doit faire l'objet d'un programme et d'une animation effectuée, sous la coordination du responsable Formation par :

- Des écoles ou centres extérieurs de perfectionnement et de formation professionnelle et technique. Ces écoles ou centres peuvent faire partie de l'entreprise , dans les grands groupes.
- Les constructeurs et fournisseurs de matériels.
- Les Méthodes Maintenance.

Nous présentons ci-après comment identifier les besoins

### Recensement des compétences techniques

#### Objectif

Permettre l'établissement d'un Plan de Formation du personnel.

#### Descriptif

L'établissement d'un Plan de Formation nécessite de faire en préalable :

- le recensement des compétences techniques,
- l'expression des besoins en formation.

Le recensement doit prendre en compte les critères d'appréciation plus fins que ceux utilisés dans le tableau de qualification.

Ces critères peuvent être différents selon les types de matériels concernés ( voir les exemples ci-après ).

Recensement individuel : il s'agit de faire une « photographie » des compétences actuelles de chaque personne.

Modalités pour chaque personne :

- ⇒ définir les compétences en mettant une croix à l'intersection de la ligne matériel et de la colonne du critère correspondant,
- ⇒ fixer un objectif à atteindre : ○

Recensement collectif : les personnes sont regroupées par groupes.

Pour chaque groupe :

- ⇒ les noms des personnes concernées
- ⇒ l'histogramme des compétences
- ⇒ l'objectif à atteindre

												Date :
COMPETENCES.....												
Tableau d'analyse												
MATERIELS			NOM	CRITERES								
Famille	Sous-famille	SS/Famille			A	B	C	D	E	F	G	
AUTOMATE	Programmé	( T1 )	R. DUPONT						X	O		<p><b>A</b> : ne connaît pas.</p> <p><b>B</b> : - sait faire le constat de l'état de l'automate - sait redémarrer un automate après « reset » ou une coupure de tension</p> <p><b>C</b> : sait diagnostiquer une panne extérieure et y remédier ( Grafcet, logigramme ...)</p> <p><b>D</b> : sait diagnostiquer un problème de carte E :S et l'échanger</p> <p><b>E</b> : possède la connaissance du programme ( informatique)</p> <p><b>F</b> : sait remplacer une UC, recharger le programme</p> <p><b>G</b> : sait faire le diagnostic d'une panne interne aux relais</p> <p>Sait utiliser une console bas de gamme</p>
			F. JARDIN					X		O		

			Recensement collectif										Date :
<b>COMPETENCES.....</b>													
			<i>Tableau d'analyse</i>										
MATERIELS			NOM	CRITERES									
Famille	Sous-famille	SS/Famille			A	B	C	D	E	F	G		
AUTOMATE	Programmé	( T1 )	R. DUPONT F. JARDIN P. FILLON R. THEUX R. JADIN J. JAILLIT A. DUCHAT J. MEAT	8						O		<b>A</b> : ne connaît pas.  <b>B</b> : - sait faire le constat de l'état de l'automate - sait redémarrer un automate après « reset » ou une coupure de tension  <b>C</b> : sait diagnostiquer une panne extérieure et y remédier ( Grafcet, logigramme ...)  <b>D</b> : sait diagnostiquer un problème de carte E :S et l'échanger  <b>E</b> : possède la connaissance du programme ( informatique)  <b>F</b> : sait remplacer une UC, recharger le programme  <b>G</b> : sait faire le diagnostic d'une panne interne aux relais	Sait utiliser une console bas de gamme
				7						O			
				6						O			
				5						O			
				4						O			
				3						O			
				2						O			
				1						O			



### **Expression des besoins en formation**

#### **Objectif**

Permettre l'établissement d'un Plan de Formation du personnel.

#### **Descriptif**

A partir des Recensements des Compétences Techniques, et en fonction des besoins réels, on établit une synthèse « Expression des besoins en formation ».

Chaque groupe d'appareils est subdivisé en trois parties en fonction des priorités d'actions.

Voir l'exemple ci-après.

1. Priorité A (celle par laquelle commencer)

FAMILLE	SOUS-FAMILLE	S/SOUS-FAMILLE	BESOIN EXPRIME	AUTRES COMMENTAIRES	PAGES
CAPTEUR	Pression	Electronique	Remonter le niveau vers F* : B,C,D,E,F	<u>Remarque pour tous les capteurs</u> : prévoir un tronc commun de physique pour tous les capteurs, puis des modules par technologie et par type de mesure	20
	Température	Résistance (pt 100)	Remonter le niveau vers F* : B,C,D,E,F		21
		Thermocouple	Remonter le niveau vers F* : B,C,D,E,F		21
	Débit	Electromagnétique	Remonter le niveau vers F* : Non numérique : B,C,D,E Numérique : B,C,D,E,F	Se développe	23
	Niveau	$\Delta P$ Non pneumatique	Remonter le niveau vers F* : B,C,D,E,F		25
		Capacitif	Remonter le niveau vers F* : B,C,D		
		Conductif	Remonter le niveau vers F* : B,C,D		
	Vitesse	Photoélectrique		Peu nombreux	29
		Inductif			
	Densité	$\Delta P$	Remonter le niveau vers F* : B,C,D,E,F		30
		Plongeur	Apprendre la technologie		31

## Descriptions de fonctions

	DESCRIPTION DE FONCTION	p. 1/1
	RESPONSABLE DE LA MAINTENANCE	
MISSION		
<p>La mission du Responsable de la Maintenance est de gérer la maintenance du matériel de l'usine, ainsi que les moyens humains et matériels qui lui sont rattachés, suivant les orientations données par le Directeur de l'usine.</p> <p>Il doit respecter, et faire évoluer, la charte de maintenance passée avec la Fabrication.</p>		
LIENS HIERARCHIQUES		
<p>Le Responsable de la maintenance est rattaché hiérarchiquement au Directeur de l'usine.</p>		
RESPONSABILITES ET ROLE DE LA FONCTION		
<p>Rôle de gestionnaire</p> <p>Le Responsable de la Maintenance assume les responsabilités suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Gérer la maintenance des installations de fabrication, et de tout le matériel de l'usine.</li><li>➤ Gérer les moyens nécessaires ( personnel, pièces de rechange, outillages...)</li><li>➤ Effectuer des travaux de différentes natures en qualité de fournisseur.</li></ul> <p>Devant sa hiérarchie il est redevable des résultats obtenus par la société :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Respect des budgets et obtention de résultats financiers positifs</li><li>○ Disponibilité satisfaisante des installations sur le plan électromécanique</li><li>○ Grande satisfaction des clients.</li></ul> <p>Rôle d'animateur</p> <p>Il est l'animateur des différentes fonctions qui lui sont rattachées, et de ce fait il est donc le garant de leur efficacité :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Réalisation</li><li>○ Etudes des modifications</li><li>○ Méthodes-Planning</li><li>○ Gestion des pièces de rechange et magasinage</li></ul>		
MOYENS		
<p>Pour mener à bien sa mission le Responsable de la Maintenance dispose :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>❑ du Personnel de maintenance, rassemblé dans une structure de fonctionnement bien définie,</li><li>❑ d'une organisation assistée par des moyens informatiques,</li><li>❑ d'un atelier et de bureaux, de machines et outillages, de fournitures et pièces de rechange,</li><li>❑ de toutes libertés de gestion (achats..) dans le cadre d'un budget approuvé par son supérieur,</li></ul>		

	DESCRIPTION DE FONCTION	p. 1/1
	RESPONSABLE DE REALISATION	
MISSION		
La mission du Responsable de Réalisation est de conduire la réalisation des travaux de maintenance, de modifications ou travaux neufs demandés.		
LIENS HIERARCHIQUES		
Le Responsable de Réalisation est rattaché hiérarchiquement au Responsable de la Maintenance		
RESPONSABILITES ET ROLE DE LA FONCTION		
Cette fonction concerne tout le personnel opérationnel de la Maintenance		
Dans ce cadre, la tâche fondamentale est la gestion et la conduite des travaux et des hommes, par un <b>commandement de coordination et de synthèse</b> .		
Avec toujours pour but de réaliser les objectifs assignés par son supérieur d'une part, et la satisfaction permanente des utilisateurs, il anime en permanence les équipes où l'on peut trouver un éventail de compétences plus ou moins étendu suivant les besoins.		
La sécurité des biens et des personnes est par ailleurs sa préoccupation permanente.		
D'une manière plus formelle :		
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ sa responsabilité première est la distribution des travaux avec les contremaîtres :<ul style="list-style-type: none"><li>▪ il oriente les travaux à réaliser (maintenance, modifications, travaux neufs ) selon les procédures convenues ;</li><li>▪ il affecte les travaux prêts à être réalisés au personnel de maîtrise ;</li><li>▪ il veille à la bonne répartition des charges de travail ;</li><li>▪ il est le décideur quant aux choix d'appel à la sous-traitance pour les travaux de maintenance ;</li><li>▪ il filtre les demandes de travaux exprimées ; en cas de contestation, il en réfère au Responsable de la Maintenance.</li></ul></li><li>➤ en second lieu :<ul style="list-style-type: none"><li>▪ il veille à la bonne réalisation des travaux, en temps et en qualité ;</li><li>▪ il est l'animateur de la maîtrise dans la recherche des améliorations ;</li><li>▪ d'une manière générale, il est le garant du respect des procédures de réalisation.</li></ul></li></ul>		
Par ailleurs, sur le plan opérationnel il est le garant des bonnes relations avec les utilisateurs, et du respect de la coordination permanente.		
MOYENS		
Pour mener à bien sa mission le Responsable de Réalisation dispose :		
<ul style="list-style-type: none"><li>❑ du Personnel de maintenance : maîtrise et opérationnels,</li><li>❑ d'une organisation assistée par des moyens informatiques,</li><li>❑ d'un atelier et de bureaux, de machines et outillages, de fournitures et pièces de rechange,</li><li>❑ de l'assistance du Responsable de la Maintenance d'une part, des autres fonctions et particulièrement la fonction Méthodes-Planning avec laquelle il noue une franche collaboration de gestion.</li></ul>		

	DESCRIPTION DE FONCTION	p. 1/1
	C O N T R E M A I T R E   D E   S E C T E U R	
MISSION		
La mission du Contremaître de Secteur est d'être le correspondant du Client et de conduire la réalisation des travaux de maintenance, de modifications ou travaux neufs demandés.		
LIENS HIERARCHIQUES		
Le Contremaître de Secteur est rattaché hiérarchiquement au Responsable de Réalisation.		
RESPONSABILITES ET ROLE DE LA FONCTION		
Correspondant de la Maintenance pour le Client		
Le Contremaître de Secteur est le correspondant de la Maintenance auprès de l'Ingénieur de Fabrication et dans ce cadre il assure les tâches suivantes :		
<ul style="list-style-type: none"><li>○ Prise en mains des demandes d'interventions ;</li><li>○ Information permanente concernant les demandes et ordres de travaux ;</li><li>○ Coordinations des travaux à réaliser.</li></ul>		
Responsable de la réalisation		
Dans ce cadre, la tâche fondamentale est la gestion et la conduite des travaux et des hommes sous la conduite du Responsable de Réalisation :		
<ul style="list-style-type: none"><li>● Gestion et conduite des hommes</li><li>● Programme journalier et constitution des équipes</li><li>● Approvisionnement et mise en route des chantiers ( petites préparations )</li><li>● Suivi des travaux et surveillance du personnel</li><li>● Contrôle de la qualité du travail et du respect des modes opératoires prescrits</li><li>● Sécurité du personnel et du matériel</li><li>● Liaison courante avec l'exploitation</li><li>● Ventilation des heures</li><li>● Observation et compte-rendu des dépannages</li><li>● Suivi et contrôle de la sous-traitance</li></ul>		
Il s'engage à respecter complètement :		
<ul style="list-style-type: none"><li>.- toutes les procédures de fonctionnement de la Maintenance,</li><li>.- toutes les procédures et consignes de sécurité du site.</li><li>.- en l'absence de règles précises, ces travaux seront conformes aux règles de l'art et aux règles de sécurité explicitement ou implicitement applicables.</li></ul>		
Rôle dans la recherche d'améliorations		
Dans son secteur, et en collaboration avec le Technicien méthodes, le Contremaître doit rechercher toutes améliorations de maintenance, en développant particulièrement les analyses causales face aux défaillances.		
MOYENS		
Pour mener à bien sa mission le Contremaître de Secteur dispose :		
<ul style="list-style-type: none"><li>❑ du Personnel de réalisation mis à disposition par le Responsable de Réalisation,</li><li>❑ d'une organisation assistée par des moyens informatiques,</li><li>❑ d'un atelier et d'outillages, d'un bureau, d'une documentation technique,</li><li>❑ de la fourniture de pièces de rechange assurée par le magasin,</li><li>❑ de l'assistance du Responsable de Réalisation d'une part, des autres fonctions d'autre part.</li></ul>		

	DESCRIPTION DE FONCTION	p. 1/1
	CONTREMAITRE D'ATELIER CENTRAL	
MISSION		
La mission du Contremaître d'Atelier Central est de conduire la réalisation des travaux de maintenance, de modifications ou travaux neufs demandés à l'Atelier.		
LIENS HIERARCHIQUES		
Le Contremaître d'Atelier Central est rattaché hiérarchiquement au Responsable de Réalisation.		
RESPONSABILITES ET ROLE DE LA FONCTION		
Travaux de l'atelier		
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Réparations et remises en état de matériels</li><li>➤ Contrôles et tarages de matériels</li><li>➤ Réalisation de petites modifications en atelier</li><li>➤ Mises à dispositions de personnels dans les secteurs</li><li>➤ Encadrement et suivi du personnel mécanicien posté.</li></ul>		
Responsable de la réalisation		
Dans ce cadre, la tâche fondamentale est la gestion et la conduite des travaux et des hommes sous la conduite du Responsable de Réalisation :		
<ul style="list-style-type: none"><li>• Gestion et conduite des hommes</li><li>• Programme journalier et constitution des équipes</li><li>• Approvisionnement et mise en route des chantiers ( petites préparations )</li><li>• Suivi des travaux et surveillance du personnel</li><li>• Contrôle de la qualité du travail et du respect des modes opératoires prescrits</li><li>• Sécurité du personnel et du matériel</li><li>• Liaison courante avec l'exploitation</li><li>• Ventilation des heures</li><li>• Observation et compte-rendu des dépannages</li><li>• Suivi et contrôle de la sous-traitance</li></ul>		
Il s'engage à respecter complètement :		
<ul style="list-style-type: none"><li>.- toutes les procédures de fonctionnement de la Maintenance,</li><li>.- toutes les procédures et consignes de sécurité du site.</li><li>.- en l'absence de règles précises, ces travaux seront conformes aux règles de l'art et aux règles de sécurité explicitement ou implicitement applicables.</li></ul>		
Rôle dans la recherche d'améliorations		
Dans son métier, et en collaboration avec le Technicien méthodes, le Contremaître doit rechercher toutes améliorations de maintenance, en développant particulièrement les analyses causales face aux défaillances.		
MOYENS		
Pour mener à bien sa mission le Contremaître de Secteur dispose :		
<ul style="list-style-type: none"><li>❑ du Personnel de réalisation mis à disposition par le Responsable de Réalisation,</li><li>❑ d'une organisation assistée par des moyens informatiques,</li><li>❑ d'un atelier avec machines et outillages, d'un bureau, d'une documentation technique,</li><li>❑ de la fourniture de pièces de rechange assurée par le magasin,</li><li>❑ de l'assistance du Responsable de Réalisation d'une part, des autres fonctions.</li></ul>		

	DESCRIPTION DE FONCTION
	p. 1/1
	<b>CONTREMAITRE D'ELECTRICITE – MESURE - REGULATION</b>
<b>MISSION</b> La mission du Contremaître d'Electricité Mesure Régulation est de conduire la réalisation des travaux de maintenance, de modifications ou travaux neufs demandés en E.M.R..	
<b>LIENS HIERARCHIQUES</b> Le Contremaître d'Electricité Mesure Régulation est rattaché hiérarchiquement au Responsable de Réalisation.	
<b>RESPONSABILITES ET ROLE DE LA FONCTION</b> Travaux en Electricité Mesure Régulation <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Réparations et remises en état de matériels</li> <li>➤ Contrôles et tarages de matériels</li> <li>➤ Réalisation de petites modifications en atelier</li> <li>➤ Encadrement et suivi du personnel en atelier ou sur chantiers dans les secteurs</li> <li>➤ Encadrement et suivi du personnel électricien posté.</li> </ul> Responsable de la réalisation <p>Dans ce cadre, la tâche fondamentale est la gestion et la conduite des travaux et des hommes sous la conduite du Responsable de Réalisation :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestion et conduite des hommes</li> <li>• Programme journalier et constitution des équipes</li> <li>• Approvisionnement et mise en route des chantiers ( petites préparations )</li> <li>• Suivi des travaux et surveillance du personnel</li> <li>• Contrôle de la qualité du travail et du respect des modes opératoires prescrits</li> <li>• Sécurité du personnel et du matériel</li> <li>• Liaison courante avec l'exploitation</li> <li>• Ventilation des heures</li> <li>• Observation et compte-rendu des dépannages</li> <li>• Suivi et contrôle de la sous-traitance</li> </ul> Il s'engage à respecter complètement : <ul style="list-style-type: none"> <li>.- toutes les procédures de fonctionnement de la Maintenance,</li> <li>.- toutes les procédures et consignes de sécurité du site.</li> <li>.- les règles édictées par le AREI, ainsi que les dossiers zones et les dossiers d'interférence extérieure,</li> <li>.- en l'absence de règles précises, ces travaux seront conformes aux règles de l'art et aux règles de sécurité explicitement ou implicitement applicables.</li> </ul> Rôle dans la recherche d'améliorations Dans son métier, et en collaboration avec le Technicien méthodes, le Contremaître doit rechercher toutes améliorations de maintenance, en développant particulièrement les analyses causales face aux défaillances.	
<b>MOYENS</b> Pour mener à bien sa mission le Contremaître EMR dispose : <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> du Personnel de réalisation mis à disposition par le Responsable de Réalisation,</li> <li><input type="checkbox"/> d'une organisation assistée par des moyens informatiques,</li> <li><input type="checkbox"/> d'un atelier avec outillages, d'un bureau, d'une documentation technique,</li> <li><input type="checkbox"/> de la fourniture de pièces de rechange assurée par le magasin,</li> </ul> de l'assistance du Responsable de Réalisation d'une part, des autres fonctions	

	DESCRIPTION DE FONCTION	p. 1/1
	RESPONSABLE BUREAU TECHNIQUE DE MAINTENANCE	
MISSION		
La Mission du Responsable est d'animer la fonction Méthodes Maintenance et de gérer le Planning à moyen terme de la réalisation.		
LIENS HIERARCHIQUES		
Le Responsable du Bureau Technique de Maintenance ( B.T.M. ) est rattaché hiérarchiquement au Responsable de la Maintenance.		
RESPONSABILITES ET ROLE DE LA FONCTION		
Le Responsable du B.T.M. a un double rôle : Gestion de la fonction Méthodes		
Les Méthodes Maintenance assurent :		
➤ <u>La gestion technique du matériel</u>		
- Tenue à jour de la documentation technique (avec l'assistance du bureau d'étude)		
- Définition des méthodes de maintenance		
- Définition et évolution de la maintenance préventive et du graissage		
- Créations et radiations des articles de pièces de rechange		
➤ <u>L'analyse des coûts et les améliorations</u>		
➤ <u>La préparation du travail</u>		
- Préparation des interventions :		
.- les travaux supérieurs à 30 h,		
.- les travaux répétitifs,		
.- les travaux nécessitant un arrêt de fabrication.		
- Contrats de sous-traitance		
➤ <u>L'assistance technique</u>		
- Diagnostics		
- Réceptions techniques		
Le Responsable établit un planning des préparations à réaliser, et suit un tableau de bord défini pour chaque Technicien Méthodes.		
Gestion du planning à moyen termeLe planning à moyen terme (ou Ordonnancement) fait la comparaison entre les besoins ( les imprévus + les prévisions ) et les moyens ( personnel – outillages et machines – fournitures et pièces de rechange – délais pour les moyens extérieurs).		
Cette planification se fait sur base des travaux U3 remis par le Responsable de Réalisation.		
Ce planning va :		
○ Calculer l'ensemble des besoins en main d'œuvre		
○ Répartir le personnel en fonction des délais		
○ Prévoir la sous-traitance		
○ S'assurer de la présence des stocks		
○ Suivre l'avancement des travaux		
L'outil principal est le tableau de charge.		
MOYENS		
Pour mener à bien sa mission le Responsable du B.T.M. dispose :		
❑ du Personnel constitué de Techniciens Méthodes		
❑ d'une organisation assistée par des moyens informatiques,		
❑ d'une documentation générale et technique,		
❑ d'un Tableau de Charge		
❑ de l'assistance du Responsable de la Maintenance et des autres fonctions.		



	<div>DESCRIPTION DE FONCTION</div> <div>p. 1/1</div> <div>TECHNICIEN METHODES MAINTENANCE</div>
<p><b>MISSION</b></p> <p>La Mission du Technicien Méthodes Maintenance est d'animer la fonction Méthodes Maintenance dans le domaine et secteur qui lui ont été attribués.</p>	
<p><b>LIENS HIERARCHIQUES</b></p> <p>Le Technicien Méthodes Maintenance est rattaché hiérarchiquement au Responsable du Bureau Technique de Maintenance.</p>	
<p><b>RESPONSABILITES ET ROLE DE LA FONCTION</b></p> <p>Le Technicien Méthodes Maintenance a un double rôle :</p> <p>Gestion de la fonction Méthodes dans le domaine et le secteur attribués</p> <p>Les Méthodes Maintenance assurent :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <u>La gestion technique du matériel</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tenue à jour de la documentation technique (avec l'assistance du bureau d'étude)</li> <li>- Définition des méthodes de maintenance</li> <li>- Définition et évolution de la maintenance préventive et du graissage</li> <li>- Créations et radiations des articles de pièces de rechange</li> </ul> </li> <li>➤ <u>L'analyse des coûts et les améliorations</u> <p>Le Technicien Méthodes Maintenance travaille en pleine harmonie avec chaque Contremaître pour la réalisation d'analyses causales, et la recherche de toutes améliorations.</p> </li> <li>➤ <u>L'assistance technique</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diagnostics</li> <li>- Réceptions techniques</li> </ul> </li> </ul> <p>Préparation des travaux</p> <p>Il réalise les préparations des travaux qui lui sont confiées suivant le planning établi par son responsable :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Préparation des interventions : <ul style="list-style-type: none"> <li>.- les travaux supérieurs à 30 h,</li> <li>.- les travaux répétitifs,</li> <li>.- les travaux nécessitant un arrêt de fabrication.</li> </ul> </li> <li>- Contrats de sous-traitance</li> </ul> <p>Les préparations sont réalisées selon les procédures établi</p> <p>Avec son Responsable il suit un tableau de bord personnalisé</p>	
<p><b>MOYENS</b></p> <p>Pour mener à bien sa mission le Technicien Méthodes Maintenance dispose :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> d'une organisation assistée par des moyens informatiques,</li> <li><input type="checkbox"/> d'une documentation générale et technique,</li> <li><input type="checkbox"/> de l'assistance du Responsable B.T.M. d'une part, et des autres fonctions.</li> </ul>	

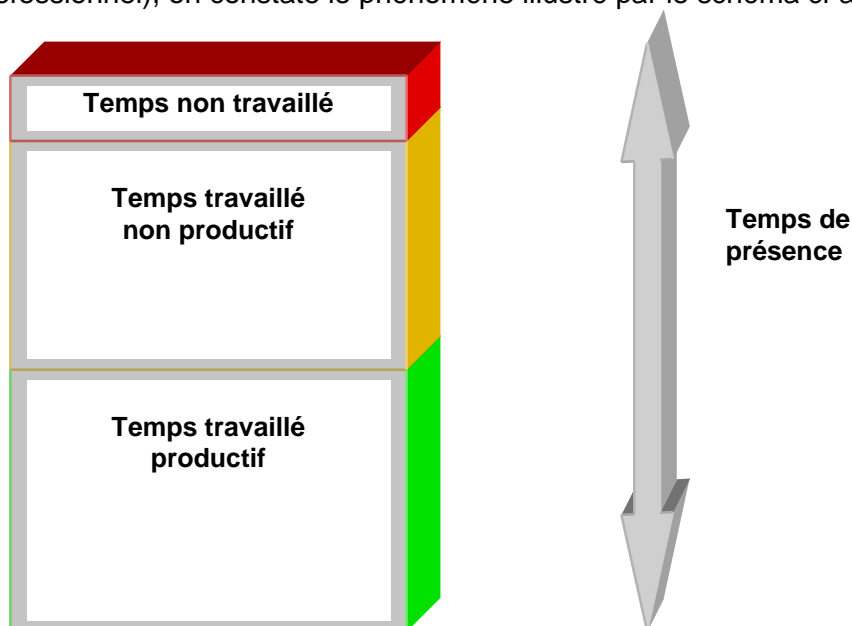
	DESCRIPTION DE FONCTION	p. 1/1
CHEF MAGASINIER		
MISSION		
Le Chef Magasinier a pour mission d'assurer la gestion des stocks de pièces de rechange.		
LIENS HIERARCHIQUES		
Le Chef Magasinier est rattaché hiérarchiquement au Responsable de la Maintenance.		
RESPONSABILITES ET ROLE DE LA FONCTION		
L'ensemble des stocks de maintenance est constitué par les articles qui permettent au Service Maintenance d'assurer sa triple mission :		
<ul style="list-style-type: none"><li>❑ Maintenir de la façon la plus économique possible le matériel de l'usine.</li><li>❑ Exécuter des travaux de différentes natures, à la demande de ses clients en qualité de fournisseur.</li><li>❑ Gérer, de la façon la plus économique possible, ses propres moyens en hommes et en matériel.</li></ul>		
Dans ce cadre, le rôle du Chef Magasinier, avec le Personnel qui lui est affecté, est le suivant :		
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ <u>Mise en stock d'un nouvel article</u><ul style="list-style-type: none"><li>- Codification</li><li>- Inscription au catalogue</li><li>- Ouverture d'une fiche de stock</li></ul></li><li>➤ <u>Approvisionnement du stock</u><ul style="list-style-type: none"><li>- Chiffrage des paramètres de gestion</li><li>- Déclenchement de l'approvisionnement</li></ul></li><li>➤ <u>Réception</u><ul style="list-style-type: none"><li>- Réception quantitative des achats directs et des pièces pour stock ; vérification de la présence des certificats de conformité</li><li>- Mise à jour de la fiche de stock</li></ul></li><li>➤ <u>Magasinage</u><ul style="list-style-type: none"><li>- Rangement en magasin</li><li>- Conservation des articles</li></ul></li><li>➤ <u>Sortie de stock et livraison</u><ul style="list-style-type: none"><li>- Réservation (éventuelle) sur fichier</li><li>- Préparation des articles ou de la matière à délivrer, groupages</li><li>- Délivrance des articles ou livraison</li><li>- Mise à jour de la fiche de stock</li></ul></li><li>➤ <u>Radiation d'un article du stock</u><ul style="list-style-type: none"><li>- Radiation sur catalogue</li></ul></li><li>➤ <u>Amélioration de la gestion</u><ul style="list-style-type: none"><li>- Modification des paramètres de gestion</li></ul></li><li>➤ <u>Gestion du service</u><ul style="list-style-type: none"><li>- Etablissement et suivi du tableau de bord « Gestion des stocks »</li></ul></li></ul>		
MOYENS		
Pour mener à bien sa mission le Chef Magasinier dispose :		
<ul style="list-style-type: none"><li>❑ d'une organisation assistée par des moyens informatiques,</li><li>❑ d'un personnel,</li><li>❑ d'un magasin organisé,</li><li>❑ de l'assistance du Responsable de la Maintenance d'une part, des autres fonctions de d'autre part</li></ul>		

# Préparation des travaux prévus

## Objectifs de la préparation du travail

### Objectif général

Si l'on observe précisément la répartition du temps de présence d'un agent de maintenance (ouvrier, opérationnel, professionnel), on constate le phénomène illustré par le schéma ci-après :



- Temps non travaillé :
  - début et fin de poste,
  - casse-croûte,
  - attente de signature d'un permis de travail,
  - attente d'une consignation,
  - attente d'un pont roulant,
  - attente d'un compagnon d'un autre corps de métier ( avec parfois le phénomène du « renvoi de balle »),
  - etc.
- Temps travaillé :

Il comprend des temps non productifs tels que : déplacements, recherche du chef d'équipe ou d'atelier de production, recherche d'outils, de plans, de pièces de rechange, etc.

Quand on fait le rapport du temps productif / temps de présence, généralement on s'aperçoit qu'il est en moyenne de 30 à 40 %.

Par ailleurs, le temps productif comprend lui-même des déperditions :

- deux ouvriers de maintenance, quand un seul serait suffisant,
- allure de travail fonction de la charge et de la pression exercée par la maîtrise.

La préparation du travail a pour objectif de réduire l'ensemble des déperditions précédemment mentionnées par :

- la définition claire du travail à réaliser,
- la définition des besoins en personnel : qualification, habilitation, nombre,
- le rassemblement des plans et schémas nécessaires,

- la définition et l'achat ou réservation des matières et pièces de rechange nécessaires,
- la définition des besoins en moyens : outillage, testeurs, moyens spéciaux.

Il convient d'observer que pousser le rapport temps productif/temps de présence de 30 à 40 % par exemple paraît peu, mais c'est en fait augmenter de 1/3 les prestations possibles.

### **Objectifs particuliers**

#### ***Réduction du coût direct de maintenance***

Ou réduction des heures de prestations.

Comme indiqué précédemment, la préparation permet d'éviter les temps morts ( déplacements divers, recherche d'outillage, recherche de pièces, etc. ).

En moyenne, le gain est de l'ordre de 30 % sur les temps passés.

#### ***Réduction du coût indirect de maintenance***

Ou réduction des temps d'immobilisation du matériel.

La préparation des travaux à réaliser lors d'arrêts programmés permet de réduire les temps d'immobilisation de l'ordre de 20 à 50 %.

#### ***Réduction du stock de pièces de rechange***

La préparation permet l'approvisionnement au moment venu, et évite donc d'avoir à stocker les pièces nécessaires.

#### ***Adaptation de la qualité du travail aux besoins des utilisateurs***

Souvent, le professionnel a tendance à faire un travail de qualité supérieur aux besoins, pour deux raisons :

- En principe, il aime le travail bien fait,
- Pour ne pas prendre de risques, il recherche la qualité supérieure sans aucune préoccupation d'ordre économique.

Après avoir recueilli les informations complètes sur les besoins des utilisateurs, il faut définir le niveau de qualité requis par une bonne préparation du travail.

#### ***Programmation du travail***

La préparation définit les moyens nécessaires ; grâce à l'attribution de temps aux travaux prévus, elle permet donc de programmer la charge de travail en tenant compte des moyens disponibles.

#### ***Sécurité***

Parce qu'elle définit comment faire correctement un travail, la préparation améliore la sécurité du personnel et du matériel.

#### ***Conditions de travail***

Un travail préparé est réalisé dans des conditions généralement plus satisfaisantes qu'un travail impromptu.

## Profil du préparateur

En fabrication, le préparateur (ou analyste) peut observer le travail ; le temps d'observation pouvant être plus long que le temps d'exécution, il peut faire des analyses très fines.

Il dispose par ailleurs de méthodes, telles que le chronométrage ou l'utilisation de temps prédéterminés, qui lui évitent, à l'extrême limite, d'avoir une connaissance technique du travail à préparer.

C'est avant tout un expert en analyse du travail.

En maintenance, la situation est tout à fait différente, notamment parce que le travail concerné ne se fait pas mais est à faire.

Celui qui prépare doit se représenter mentalement le « film du travail », tel qu'il sera exécuté.

Il doit donc, lui-même, bien connaître le matériel ainsi que le travail à exécuter et par conséquent avoir une expérience de la maintenance.

La préparation du travail est à confier de préférence à des hommes qui ont une expérience professionnelle en maintenance, et dans l'usine concernée, plutôt qu'à des jeunes (même de niveau BTS) n'ayant pas cette expérience là.

Par ailleurs, beaucoup d'échecs ont pour cause une conception trop individualiste du travail de préparation. Le préparateur doit être un homme de terrain, recherchant la collaboration des contremaîtres ou chefs d'équipes de maintenance et de production concernés par l'intervention, et des ouvriers qualifiés connaissant le mieux le matériel et les tours de mains utiles.

## Travaux préparables

- Réparations.
- Travaux de rénovation, d'amélioration et de modernisation.
- Maintenance préventive/prédictive (sera examinée dans un autre chapitre).

## Préparation des travaux de réparation

### Processus de réparation

Rappelons que la réparation est une intervention définitive et limitée de maintenance corrective.

Quelle que soit la méthode de maintenance choisie, on aboutit toujours sur une réparation :

- en correctif, après dépannage,
- en prédictif, après une visite ou une ronde ayant montré la nécessité d'une intervention,
- en systématique, à la date choisie,
- après échange standard, sur l'élément défectueux déposé.

Le processus d'une réparation est le suivant :

1. Analyse de défaillance.
2. Diagnostic, localisation.
3. Expertise préalable.
4. Nettoyage.
5. Procédure de dépose.
6. Démontage.
7. Expertise définitive.
8. PREPARATION.
9. Intervention corrective.
10. Remontage.
11. Essais, contrôle.
12. Remise en service.
- 13.

## Limites de la préparation

De fait, tout travail mérite une préparation.

Mais l'importance de celle-ci dépend du travail à réaliser :

- petite préparation matières (pièces de rechange et outillage) par le contremaître ou chef d'équipe,
- préparation complète par un Préparateur ou Technicien Méthodes Maintenance.

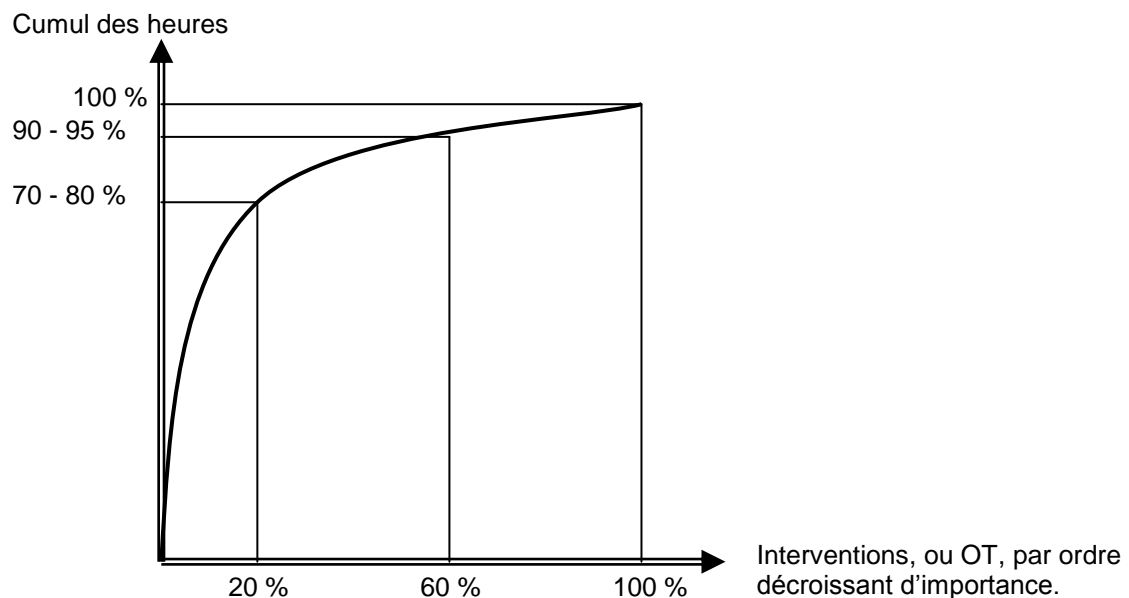
Dans ce chapitre, nous traitons bien sûr de la préparation complète.

Pour atteindre les objectifs recherchés, on ne préparera que :

### 1. Les travaux importants

Lorsque l'on analyse les travaux de maintenance, on constate que 20 à 30 % des interventions accaparent à peu près 70 à 80 % de l'activité en heures.

En prenant comme règle de préparer les interventions supérieures à 30 heures de temps passé, on définit le pourcentage de l'activité en heures qui doit être préparée.



### 2. Les travaux répétitifs

### 3. Les travaux nécessitant un arrêt de fabrication (arrêts programmés)

Avec une bonne documentation technique, et des hommes formés, il faut considérer :

- en électricité : une heure de préparation pour 12 heures de travail ;
- en mécanique : une heure de préparation pour 20 heures de travail ;
- en tuyauterie-chaudronnerie : une heure de préparation pour 30 à 35 heures de travail.

Mais cette valeur moyenne doit être modulée en fonction :

- de l'importance du travail ;
- du type de matériel et d'industrie.

## Composition d'une préparation

Une préparation consiste d'abord à définir le mode opératoire, ou découpage du travail en phases d'enclenchement des phases.

## **La phase de travail**

La phase de travail est l'ensemble des opérations qu'il est logique de grouper afin de les confier à un même ouvrier ou une même équipe de composition constante, dont le début et la fin sont définis et dont le contenu est contrôlable.

On trouve généralement les phases suivantes :

- déposer-assembler,
- démonter-remonter (pièces),
- nettoyer,
- amener,
- expertiser (expertise définitive des points litigieux),
- réparer (ex. : recharger, souder...)
- usiner, contrôler.

## **Informations mentionnées par la préparation**

- Pour chaque phase de travail :
  - description du travail,
  - procédures de sécurité,
  - outillages spéciaux de maintenance,
  - fournitures et pièces de rechange,
  - points clefs du travail (schéma ou croquis si possible),
  - moyen de contrôle,
  - composition de l'équipe,
  - temps prévu.

Note : la description du travail doit être concise, le professionnel sachant très bien comment pratiquer (donc, il ne s'agit pas d'établir un procédé de travail comme en fabrication). Par contre, les points clés doivent être précisés (réglages, sécurité notamment).

- Pour l'ensemble du travail : la durée totale prévue du travail et la durée d'immobilisation du matériel.

Note : les gammes de maintenance sont plus légères que les gammes de fabrication car elles concernent des travaux moins répétitifs et s'adressent à des professionnels. De plus, la rémunération du personnel est indépendante des temps alloués, utilisés aux seuls fins de planification.

## **Prise en compte de la sécurité**

### Responsabilité du préparateur

Le préparateur doit connaître :

- les contrôles périodiques réglementaires,
- la liste des habilitations,
- les règlements relatifs à la sécurité,
- les normes de sécurité dans les usines classées « Seveso ».

### Procédures de sécurité

#### a. La condamnation (consignation et/ou isolement)

La personne responsable d'une intervention doit s'assurer que la condamnation de l'équipement concerné a bien été faite avant de donner l'autorisation d'accès.

Rôle de la condamnation :

- empêcher toute mise en route ou sous tension intempestive,
- éviter des dégâts sur un équipement partiellement démonté,

- éviter tout dégagement de gaz, air comprimé...tout écoulement de liquide pouvant blesser une personne travaillant sur le secteur,
- éviter à toute personne non habilitée une action dangereuse.

Se méfier des « fausses condamnations », tels qu'écriteaux « danger », « ne pas mettre en marche », canevas de verrouillage banalisés, « guetteur » ayant pour rôle d'éviter la mise en marche...

b. La remise en service d'une installation dangereuse

- une procédure de dé condamnation (déconsignation – enlèvement des joints pleins..) sera établie,
- toutes les personnes sauf celles autorisées seront écartées,
- les personnes autorisées vérifieront le bon état de marche et la propreté de fin de chantier.

c. Les documents à établir par le préparateur


Suivant les cas, le préparateur établit les documents suivants (qui seront à signer par le responsable de fabrication, de maintenance, voire de sécurité, avant que l'intervention puisse se faire ou se terminer) :

- Permis de travail.
- Permis de feu.
- Permis de fouille.
- Bon de décontamination.
- Bon de consignation.
- Plan de prévention en cas de sous-traitance.
- Dans les industries dangereuses, il précise spécifiquement les équipements de sécurité à utiliser par les intervenants.

### **Schéma d'enclenchement des phases**

Le schéma d'enclenchement des phases est vertical.


Il permet de représenter graphiquement l'ordre de mise en route et les liaisons entre les différentes phases d'un même travail.

 : chaque phase est représentée par un rond et affectée d'un numéro progressant de 10 en 10 (ce qui permet éventuellement d'intercaler des phases complémentaires lors de la réalisation).



 : il faut que la phase 10 soit terminée pour pouvoir commencer la phase 20.




 : il faut que les phases 10 et 20 commencent simultanément.



 : phase de consignation ou déconsignation.



 : chemin critique : c'est le chemin le plus long qui représente la durée la plus courte d'exécution du travail.



Exemple :

Schéma d'enclenchement	N° de phase	Durée de chaque phase	Personnel intervenant	Temps M.O.
	10	1 h	1 M	1 h
	20	0,5 h	1 E	0,5 h
	30	4 h	1 M + 1 E	8 h
	40	1 h	1 M	1 h
	50	0,5 h	1 E	0,5 h
	60	1 h	1 M	1 h
	70	6 h	2 E	12 h
	80	10 h	2 M	20 h
	90	2 h	1 M + 1 E	4 h

Temps main d'œuvre :

$$1 + 0,5 + 8 + 1 + 0,5 + 1 + 12 + 20 + 4 = 48 \text{ h}$$

Durée du travail (chemin critique) :

$$1 + 0,5 + 4 + 0,5 + 1 + 10 + 2 = 19 \text{ h}$$

Durée d'immobilisation du matériel (de production) :

$$0,5 + 4 + 0,5 = 5 \text{ h}$$

## Temps prévus

L'étude du temps de travail en maintenance est un des éléments de la préparation du travail ; elle sert essentiellement :

- à préciser l'enclenchement des travaux ;
- à estimer la charge générale et mensuelle par corps de métier.

### a. Les estimations

C'est la méthode la plus utilisée en maintenance, pour les travaux courants, car elle est rapide.

Quant à son manque de précision, il n'est souvent pas trop gênant, l'ordre de grandeur obtenu étant suffisant pour permettre l'ordonnancement de la tâche estimée.

La mise en mémoire des BT réalisés, par l'informatique, permet de faire moins d'estimations « au jugé » et plus d'estimations « historiques ».

### Estimations « au jugé ».

Ce peut être une estimation globale : on estime globalement le temps d'une phase de travail.

Ce peut être une estimation détaillée : on décompose chaque phase de travail en groupes d'opérations, voire en opérations, que l'on estime successivement et séparément. Le cumul des temps estimés donne le temps estimé de la phase, assorti d'une marge d'erreur qui est inférieure à celle qu'on obtient dans l'estimation globale.

La précision du résultat peut être améliorée par le processus analytique suivant.

Pour chaque tâche, le préparateur estime trois durées :

Tr : le temps « réaliste », qui semble être une bonne estimation.

To : le temps « optimiste », ou minimal, concevable si tout se passe au mieux.

Tp : le temps « pessimiste », dans le cas où tout se passe mal.

$$T_m = \frac{T_o + 4 T_r + T_p}{6}$$

et son écart type :  $e = \frac{T_p - T_o}{6}$

### Estimation historique

Elle se fait par dépouillement des BT donnant des temps passés, identiques ou extrapolables.

L'estimation du temps moyen  $T_m$  peut se faire analytiquement, suivant la méthode précitée.

A noter que dans le cas d'une exploitation statistique donnée,  $T_o$  et  $T_p$  sont tels que 10 % des valeurs leur sont respectivement inférieures et supérieures.

Elle peut se faire aussi suivant la méthode suivante.

Soit  $p_i$  la probabilité d'obtenir le temps  $T_i$ .

L'espérance mathématique de la durée sera

$$E(t) = T_m = \sum_{i=1}^n p_i \cdot T_i$$

Exemple :

$p = 0,1$  pour que  $T = 10$  h

$p = 0,5$  pour que  $T = 20$  h

$p = 0,4$  pour que  $T = 30$  h

$T_m = (0,1 \times 10) + (0,5 \times 20) + (0,4 \times 30) = 23$  heures

### b. Fiches rapides pour machines-outils

Pour les entreprises qui ont un atelier d'usinage, il peut être utile d'établir des tableaux de temps communs, par groupe de machines-outils analogues :

- tableaux de temps technologiques qui se présentent essentiellement sous forme d'abaques pour le temps d'usinage,
- 
- fiches rapides pour machines-outils, pour les temps de préparation, montage...de la pièce sur machine-outil.

### c. Barèmes et formules de temps

Pour les travaux répétitifs, confiés soit à du personnel interne, soit à la sous-traitance (révision de vannes, pompes, réducteurs, moteurs, travaux aux bordereaux, etc.), il est nécessaire d'avoir des temps relativement précis qui servent de base pour le contrôle de l'activité et la productivité de la main d'œuvre interne et pour la négociation et le contrôle des temps, donc des coûts, de la sous-traitance.

Dans ce cas, on fait appel à des mesures de temps avec la montre ( ou très rarement le chronomètre )

Cela consiste à effectuer des séries de 10 mesures (paramètres à préciser) permettant de stabiliser un poste de travail.

A noter que l'allure mesurée est accélérée ou ralentie (volontairement ou non). Le jugement d'allure corrige la mesure. Son principe consiste à comparer la vitesse d'exécution mesurée par référence à un exécutant fictif d'allure 100.

En France, l'allure 100 BTE de la marche, par exemple, est « un homme de 1,68 m habillé sans contrainte, non chargé, marche à 5 km/h sur route droite, horizontale, avec sol ferme, pas de 0,75 m, température de 15°, etc. »

### Règles d'établissement

Lorsqu'on reçoit une demande de travail, que l'on juge rentable de préparer, on suit le processus suivant :

1. Prendre contact avec le demandeur, pour lui faire confirmer et préciser sa demande.
2. Aller sur place pour voir si le travail est réalisable, et relever les contraintes et les moyens nécessaires (sécurité, outillages spéciaux et moyens de manutention, etc.).
3. Utiliser la documentation :
  - documentation générale,
  - documentation technique,
  - documentation historique.
4. Rechercher le facteur dominant : rapidité, ou coût, ou sécurité, ou précision, etc.
5. Définir le type de préparation :
  - dossier OT ( ordre de travail ) simplifié pour les travaux mono disciplinaires qui sont les plus nombreux ;
  - dossier OT complet pour les travaux pluridisciplinaires qui sont souvent les plus importants en temps, et nécessitent donc une préparation.
6. Effectuer la préparation en équipe : si le préparateur, ou technicien méthodes maintenance, réalise l'essentiel du travail administratif de préparation, la décision finale du « comment » doit être prise avec celui qui fera ( CM ou CE maintenance ).

C'est une condition essentielle pour que la préparation soit appliquée et respectée.

OT :		GAMME D'ORDONNANCEMENT						1	12	2322	Broyeur 204 Burr
OT :		1	Revision du groupe motoréducteur			Pers					
Schéma d'enclenchement	N°BT	LIBELLE	U	Nature	Semaine	Durée hrs	Nb	Métier	Achats		Magasin
	1A	Consignation et débranchement				1	1	EL			
	1B	Dépose et remplacement du groupe motoréducteur				5	2	ME			
	1C	Raccordement électrique et déconsignation				1	1	EL			
	1D	Révision moteur électrique				10	2	EL			
	1E	Révision réducteur				20	2	ME			
	1F	Remontage et essais				2	2	ME			
	1G	Transport au magasin				0,5	1	ME			
	8										
	9										
	10										
	11										
	12										
Temps M.O. : 74,5 h									Durée totale : 29,5 h		Durée d'arrêt : 7 h

## Dossiers de travaux

Le modèle le plus connu consiste à créer un Ordre de Travail ( OT ) qui comporte un ou plusieurs Bons de Travaux ( BT ) correspondant aux différentes phases

***Le travail est à réaliser en une seule phase, c'est-à-dire par une seule équipe de maintenance***

Dans ce cas on établit un « dossier OT simplifié » :

- sur le Bon de Travail, on reporte les informations nécessaires à l'exécution du travail ;
- au bon de travail, on joint :
  - le bon de sortie magasin,
  - le bon de sécurité ( ou les ) ;
  - les plans et schémas.

### ***Le travail est à réaliser en plusieurs phases, c'est-à-dire par plusieurs équipes de maintenance***

Dans ce cas on établit un « dossier OT complet » :

- une Gamme d'Ordonnancement avec le schéma d'enclenchement des phases ;
- un Bon de Travail par phase ( donc plusieurs BT à établir ) ;
- sur chaque Bon de Travail on reporte les informations nécessaires à l'exécution du travail ;
- à chaque Bon de Travail, on joint :
  - le bon de sortie magasin,
  - le bon de sécurité ( ou les ) ;
  - les plans et schémas.

### **Préparation des travaux d'améliorations**

Tout travail d'amélioration fait l'objet d'une :

- analyse technique ( descriptif ),
- analyse économique ( coût, amortissement ).

On présente alors un devis estimatif. Si le dossier est accepté, il y a alors préparation.

Sur le plan de l'organisation, il est souhaitable de fixer une frontière de coût :

- au-dessous de laquelle l'étude sera faite par les méthodes maintenance,
- au-dessus de laquelle cette étude sera faite par le bureau d'études.

Ceci afin d'éviter que les méthodes maintenance consacrent trop de temps aux études de modification ( au détriment du travail purement maintenance ).

La préparation comprend :

- analyse critique de l'avant-projet ( standardisation, maintenabilité, etc. ),
- demandes d'approvisionnement ( organes nouveaux ),
- pièces à fabriquer ( gammes unitaires ),
- gamme de montage, de contrôle, d'essai...,
- étude des outillages, de la logistique nécessaire.

Il faut réduire le temps d'indisponibilité de l'équipement en effectuant si possible les montages et essais avant la pose finale.

Il reste alors à évaluer le coût direct de l'amélioration et à le comparer au devis prévisionnel.

Après travaux, il faut impérativement revoir et corriger tous les dossiers ( données techniques, plans, schémas ) en fonction des modifications.

Les travaux à réaliser par le personnel de maintenance feront l'objet d'une préparation du travail similaire à celle décrite dans le paragraphe « Préparation des travaux de réparation ».

# Préparation des dépannages

## Objectifs

- Agir sur la cause réelle de la défaillance, plutôt que seulement sur l'effet constaté, ou au moins recueillir les informations suffisantes pour la recherche et la correction de cette cause après dépannage.
- Rendre l'intervention efficace en temps et en qualité.
- Permettre l'analyse ultérieure de données pour des actions correctives et/ou préventives plus larges.

Dans le cadre de ces objectifs, le préparateur ou agent méthodes maintenance réalise des OUTILS D'AIDE AU DIAGNOSTIC.

## Remarques générales

### Action palliative ou rectificative

- L'action palliative agit sur l'effet seulement, alors que l'action rectificative agit sur la cause réelle. L'efficacité du remède apporté à une défaillance dépend de la pertinence du diagnostic, l'action sur la cause étant à l'évidence meilleure que l'action sur l'effet constaté.

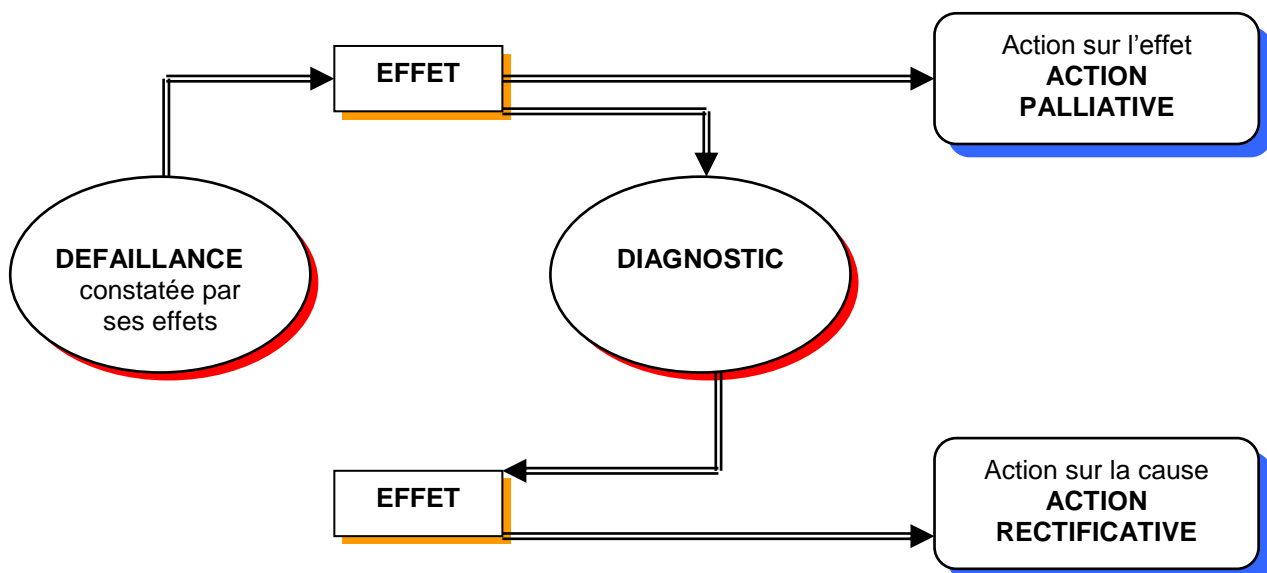
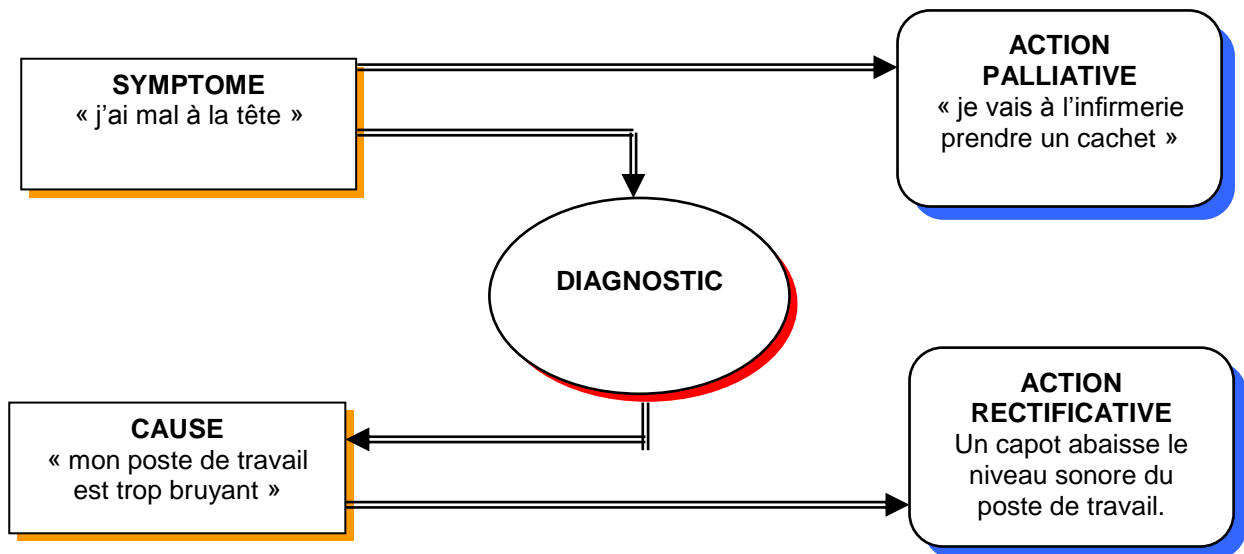


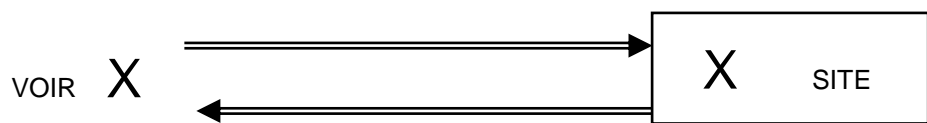
Illustration :



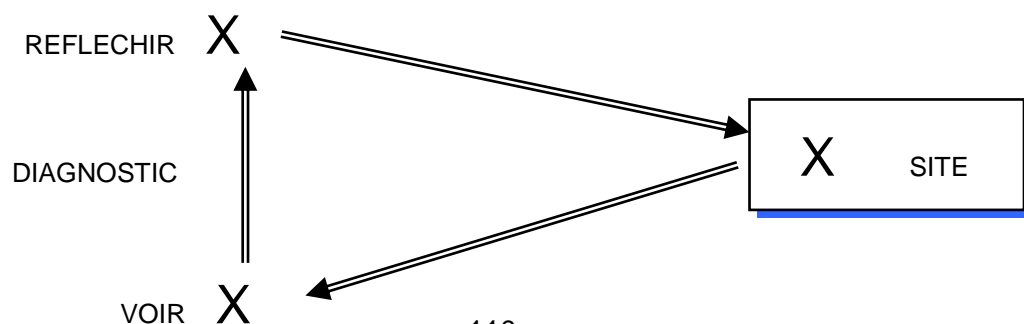
- La logique de recherche des défaillances diffère de la logique de fonctionnement enseignée par les constructeurs.  
La défaillance ignore les frontières entre les domaines de la mécanique, de l'électronique, de l'hydraulique.....qui séparent souvent les différents investigateurs.
- L'habitude, l'empirisme, le « flair » permettent l'identification des pannes usuelles. Ils ne suffisent plus face à des défaillances multiples sur des machines complexes à technologies variées et indépendantes.  
Dans l'optique de l'accroissement de la disponibilité d'un équipement, la « vitesse de diagnostic » est un critère de temps important. Il explique la diffusion de tests intégrés permettant « l'auto diagnostic » d'un système.

## Le « zorro-depanneur »

- Ce qu'il ne faut pas faire :

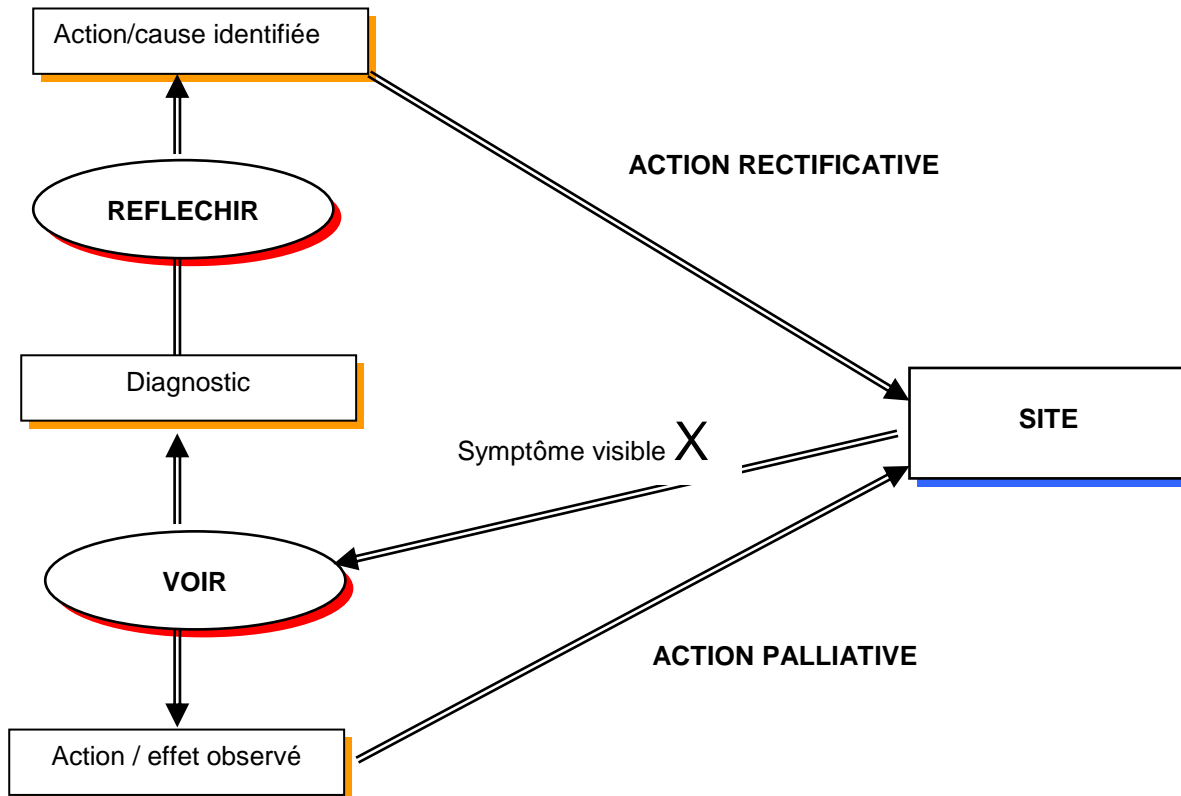


- Ce qu'il faut faire :



L'urgence ne doit pas être un alibi pour se dispenser de réfléchir : un diagnostic consomme de l'énergie intellectuelle, mais peu de temps.

Par contre, l'action rectificative sur la cause est plus efficace qu'une action palliative sur l'effet.



Les actions rectificatives et palliatives ne s'excluent pas obligatoirement :

- à court terme, en urgence, une mesure palliative peut être indispensable,
- à moyen terme, une action rectificative sera plus efficace :
  - pour éviter la réapparition de la défaillance,
  - ou pour atténuer ses conséquences.

Remarques :

- L'action palliative, efficace à court terme, risque de masquer l'effet, diminuant les chances de faire un diagnostic efficace.
- L'action rectificative ne satisfait pas toujours l'urgence du temps réel, mais est source de gain à moyen terme ; « il vaut mieux empêcher un écrou de desserrer que de le resserrer toutes les 10 minutes ».



## Outils d'aide au diagnostic

### Les schemas fonctionnels et dessins

Extraits du Dossier Technique, les schémas électriques, hydrauliques, mécaniques..., les dessins techniques servent de supports visuels à un raisonnement logique.

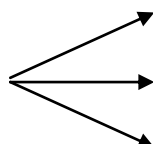
### Les tableaux « effets – causes – remedes »

Ces tableaux sont parfois très longs, à un symptôme pouvant correspondre m causes, et à chaque cause n remèdes.

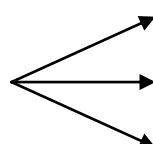
Constatations ou effets visibles ou symptômes	Causes possibles ou causes présumées	Remèdes ou préconisations
---	---	------------------------------

Exemple :

La broche chauffe



mauvaise arrivée d'huile



nettoyer le filtre

### Les tableaux « entree – sortie »

		SORTIES										
	Effets	Causes possibles										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	A											
ENTREE →	B											
	C											
	D											

Effet : B Causes possibles : 3 et 8

De lecture plus rapide que les précédents, ils excluent le remède souvent évident une fois la cause trouvée.

Dans l'exemple mentionné ci-dessus, un « arbitrage » doit déterminer celle des deux causes 3 ou 8 qui est la plus probable.

Exemple ci-après, relatif au diagnostic sur roulements, associant aux causes possibles deux familles d'effets :

- les détériorations observées par expertise,
- les symptômes observés en fonctionnement.

*VOIR EXEMPLE PAGE SUIVANTE : Roulements*

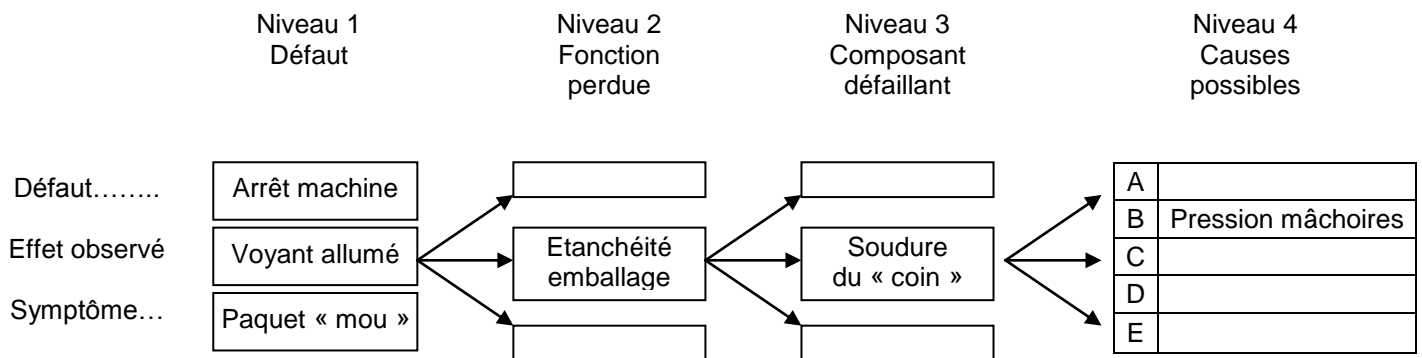
OBSERVATIONS DES ROULEMENTS APRES DEMONTAGE											rotation  <div>OBSERVATIONS EN SERVICE</div> <div>B : Bruit V : Vibrations T : Température C : Couple de</div>					
GRIPPAGE	ECAILLAGE	EMPREINTES CORPS ROULANTS Déformation ou arrachement du métal	EMPREINTES CORPS ROULANTS Abrasion	USURE EMPREINTES CORPS ETRANGERS	CRATERES - CANNELURES	TRACES DE COUPS – CASSURES FISSURES - RAYURES	CORROSION	CORROSION DE CONTACT	COLORATION	DETERIORATION DES CAGES						
ORIGINE DES AVARIES																B
X	X	X	.....	X	.....	X	.....	.....	X	X	MONTAGE :	.....Manque de soin.....	X	X		
	.....	X	.....	.....	.....	X	.....	.....	.....	X	.....Coups.....	X	X			
	X	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	X	X	.....Défauts logements ou portées.....			X		
	X	.....	.....	.....	.....	.....	.....	X	.....	.....	.....Ajustement trop serré.....		X	X		
	X	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....Ajustement trop libre.....					
X	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....Désalignement.....	X				
	X	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	X	X	SERVICE :	.....Surcharge.....			X	
	.....	.....	X	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....Vitesse excessive.....			X		
X	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....Vibrations.....		X			
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	X	.....	ENVIRONNEMENT :	.....Température trop basse.....	X			
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....Température trop élevée.....			X		
X X X	X	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	X	.....	.....Passage d'un courant électrique.....	X				
	X	.....	.....	.....	X	.....	X	.....	.....	.....	.....Pollution de liquides ( eau... ).....		X			
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....Pollution de poussières, solides.....			X	X	
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	ENTRETIEN :	.....Lubrification inadaptée.....			X	
	X	.....	.....	.....	.....	.....	X	.....	X	.....	.....Manque de lubrifiant.....			X		
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....Excès de lubrifiant.....			X	X	X
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	X	.....	FIN DE VIE « NORMALE ».....		X	X		
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....						



## Les diagrammes de flux

- On ne formalise les arbres des causes que pour les défaillances « sélectionnées » (coûteuses, répétitives, de causes multiples..).
- Formalisation, par diagramme d'ISHIKAWA ou par des causes à 4 niveaux.

Exemple : chaîne de conditionnement de café.

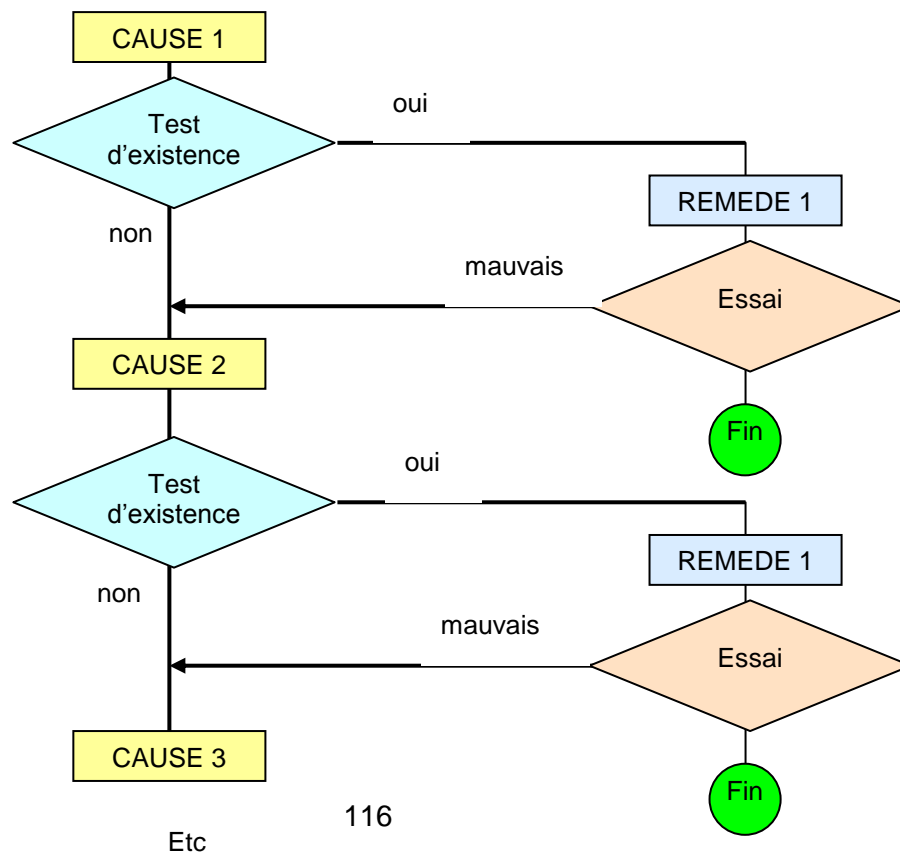


- Sélection des causes :

On va fixer un ordre de prise en compte des causes suivant des critères tels que :

- probabilité d'occurrence + probable d'abord
- détectabilité ( délai, facilité ) + rapide d'abord
- importance des moyens de tests - coûteux d'abord
- qualification nécessaire à la fabrication

Construction du diagramme de flux : un diagramme de flux évite la rédaction d'un texte abondant et peu exploitable. Il décrit la progression de la démarche « diagnostic » suivant la hiérarchie des causes, par tests successifs.



## Tests de diagnostic

Définition du test : comparaison des réponses d'un dispositif soumis à une sollicitation à des réponses de référence.

### a) Les bancs de test

Spécifiques à un matériel, ils permettent le diagnostic, le contrôle ainsi que les réglages – mises au point.

### b) Les tests intégrés

Dès la conception, des tests peuvent être intégrés aux systèmes automatisés et aux robots, permettant l'auto diagnostic par analyse des boucles d'asservissement, mais non la correction des pannes de logiciel (programmes erronés).

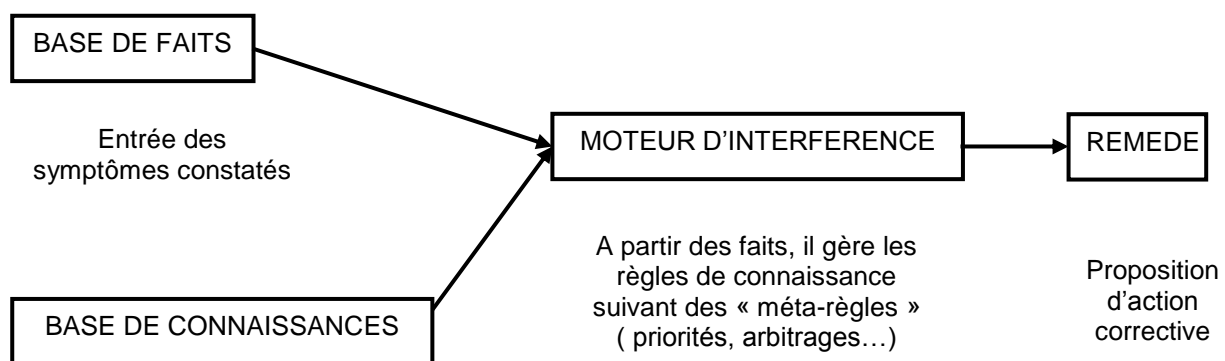
### c) Le télé-diagnostic

Il est inclus à certains contrats de maintenance relatifs à des systèmes comportant des automates programmables.

## Systemes experts de diagnostic

Les progrès de l'informatique ont permis le développement des systèmes experts, tournant sur micro-ordinateurs, qui rassemblent des connaissances et les utilisent de façon analogue à celle des spécialistes de dépannage.

Fonctionnement théorique schématisé :



Règles établies suivant le modèle :

Si ☐ ET/OU ☐ ALORS ☐

Remarque : Ces systèmes experts utilisent une démarche heuristique, c'est-à-dire appuyée sur une stratégie « pas à pas », utilisée en « intelligence artificielle ». Par opposition à la démarche algorithmique, caractéristique des tests.

## Gammes types de depannage

L'établissement d'une gamme-type de dépannage ne peut être rentable que :

- dans le cas de famille de pannes semblables,
- dans le cas de pannes répétitives ( dont l'élimination est techniquement impossible ou trop coûteuse )

Une gamme type comporte :

- les opérations de démontage et de nettoyage,
- les remplacements provisoires d'éléments défectueux (ou remise en état provisoire),
- les opérations de remontage.

En outre, suivant les cas :

- une liste d'outillages,
- les cotes de réglage ou de contrôle,
- les mesures de sécurité,
- les temps alloués par opérations,
- la désignation des pièces à remplacer,
- la qualification et le nombre des exécutants.

### **Gammes de dépannage**

Nous ne recommandons l'établissement de gammes de dépannages qu'après l'étude et la mise en place de tous les autres moyens d'organisation.

Mais on peut profiter des gammes proposées par les constructeurs, bien sûr.

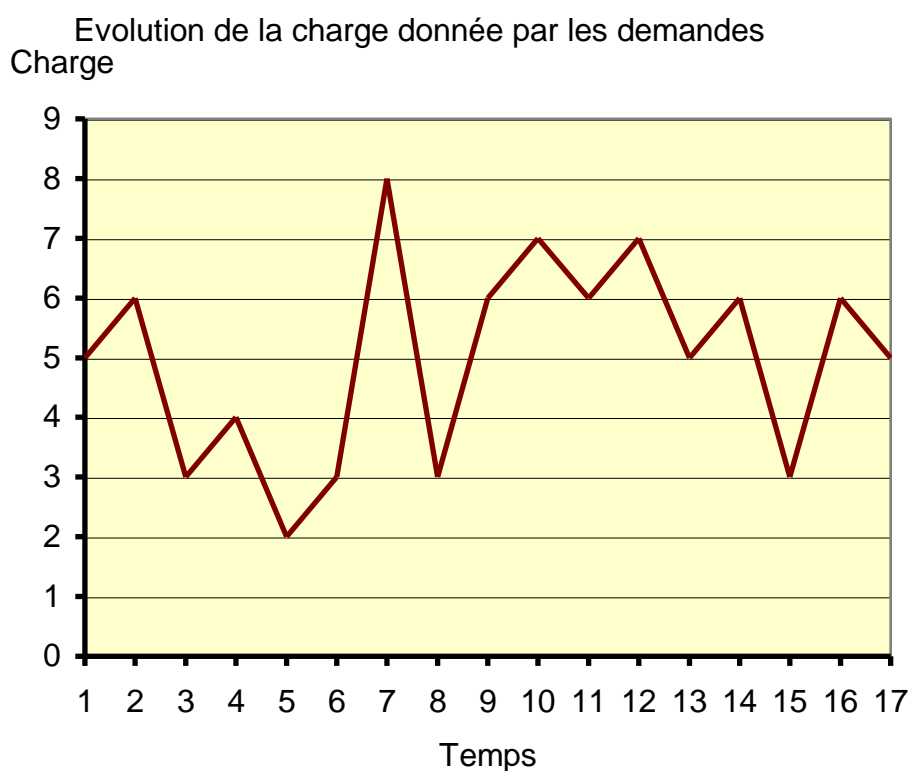
# Planification

## Objectifs

La planification a pour objectifs de :

- déterminer l'effectif maintenance le plus économique par corps de métiers,
- définir la meilleure adéquation entre « besoins » et moyens,
- contrôler l'engagement et l'utilisation du personnel de chaque corps de métier,
- prévoir la sous-traitance ou les renforts temporaires nécessaires,
- s'engager sur des délais, suivre l'avancement global du programme de travail.

Concernant la charge, observons que les demandes de travaux représentent une charge fluctuante en maintenance.



Si l'on ne cherche pas à lisser cette charge, on se trouve alors dans l'un des deux cas de figures suivants :

- ❑ On se dote de moyens pour faire face à toutes les pointes de charge, ce qui entraîne un surcoût en raison d'une sous-activité réelle ( mais non apparente : le personnel adapte son rythme de travail à la demande, c'est-à-dire à la pression mise par la maîtrise ).



- ❑ Ou on se dote pas de moyens pour couvrir la base minimum, et on sous-traite les pointes. Dans ce cas, c'est le sous-traitant qui subit celle-ci. L'entreprise le paie, soit par des taux horaires importants, soit par du personnel de sous-traitance insuffisamment qualifié.

Dans tous les cas de figures, la situation est mauvaise.

Il faut donc, à tout prix, chercher à lisser la charge : c'est un des buts recherchés par la planification.

### Les deux niveaux de la planification

En Maintenance, la planification des travaux se fait à 2 niveaux :

#### **1<sup>er</sup> niveau = les prévisions à moyen terme**

C'est l'ORDONNANCEMENT des travaux, qui concerne un horizon à quelques mois.

#### **2<sup>ème</sup> niveau = la répartition du travail**

C'est le LANCEMENT, ou DISTRIBUTION DU TRAVAIL, qui concerne quelques jours.

C'est en fait la mise en main, par l'Agent de maîtrise, de tous les éléments permettant aux exécutants de faire le travail dans les conditions de temps, de qualité et de sécurité prévues.

### Ordonnancement

La fonction ordonnancement est un peu la fonction « chef d'orchestre », chargée de conduire les événements. Pour ce faire, son rôle consiste à :

- Prévoir la chronologie du déroulement des tâches.
- Optimiser l'utilisation des moyens nécessaires, et les rendre disponibles.
- Lancer les travaux au moment choisi.
- Contrôler l'avancement et la fin des tâches, et prendre en compte les écarts entre prévisions et réalisation.

Ce qui peut s'exprimer sous la forme :

Prévoir un instant T et un matériel M(disponible) ou un endroit X, où un personnel P, muni de l'outillage O et des pièces de rechange R, exécutera la tâche Y. Et ceci en harmonie avec les autres activités.

**Cette fonction peut :**

- **faire partie des responsabilités du Bureau Technique Maintenance,**
- **être dévolue à un bureau spécifique ( dans les grosses entreprises ).**

### Les moyens matériels de l'ordonnancement

Ce sont :

- ❑ Le répertoire d'enregistrement et suivi des ordres de travaux ( OT ).

- ❑ Le dispositif de déclenchement et de suivi de la maintenance préventive, hors consignes permanentes :
  - Travaux de fréquence supérieure au mois.
  - Travaux d'arrêts programmés.
  - Certaines visites utilisant des contrôles non destructifs ( mesures de vibrations, analyses d'huile par exemple ).
- ❑ Le dispositif de classement du portefeuille des OT, Urgence 3.
- ❑ Les tableaux de charge : représentation de la charge prévisionnelle.
- ❑ Le fichier du stock des fournitures et pièces de rechange de maintenance (fichier informatique avec possibilité de réservations).
- ❑ Le dispositif de déclenchement et de suivi des commandes extérieures.

### **Tableau de charge de maintenance courante**

- a. On calcul le potentiel théorique de réalisation mensuelle de chaque spécialité professionnelle de la maintenance.
- b. On définit la période d'ordonnancement, qui est classiquement la semaine.
- c. On réalise sur plusieurs mois un calcul statistique des heures passées en imprévus pour chaque spécialité professionnelle.  
Ces imprévus comprennent :
  - U1 = Urgences 1,
  - U2 = Urgences 2,
  - BPT = bons de petits travaux ( OT permanents ),
  - A = absences imprévues,
  - L'écart moyen entre les temps prévus et les temps passés pour les travaux U3.

Cette charge est renseignée. Elle se déduit donc du « potentiel » pour le « disponible ».
- d. On calcule des heures d'absence prévues pour chaque période d'ordonnancement ( congés, récupération, formation...)
- e. On calcule la différence par spécialité professionnelle et par période d'ordonnancement :

Potentiel théorique :

Imprévus  
+  
Absences prévues  
+  
Charge programmable

Imprévus (c)
Absences prévues (d)
Charge programmable

- f. On détermine la charge constituée par les fiches de maintenance préventive pour chaque période d'ordonnancement. Cette charge sera affectée en premier après calcul de la charge programmable.
- g. Une fois par jour, les heures correspondant aux dossiers d'OT préparés ou estimés en U3 sont chargés en fonction :
  - des délais demandés,
  - des délais d'approvisionnement ou de mise à disposition,
  - des moyens nécessaires,
  - des disponibilités de charge.
 Les temps disponibles par spécialité et par période renseignent sur les possibilités d'exécution.
- h. Lorsqu'on reçoit un OT pour lequel on constate, au tableau de charge, qu'on ne peut respecter le délai demandé, la démarche doit être la suivante :
  - voir avec le demandeur si le délai peut être modifié ;
  - sinon, lui faire définir les priorités et décaler d'autres travaux déjà programmés ;
  - sinon, voir si l'on peut décaler des travaux correspondant à d'autres clients ;
  - sinon, sous-traiter ou augmenter la capacité de réalisation.
- i. Quelques jours avant chaque période de programmation, l'Ordonnancement donne à la Réalisation des dossiers d'OT préparés et disponibles correspondant à cette période.
- j. Tous les jours, l'ordonnancement décharge les heures prévues par spécialité et par période, pour les phases terminées la veille.
- k. Une fois par mois, lorsque le tableau de charge est en vitesse de croisière, on fait :
  - un contrôle total de la charge visualisée,
  - les modifications de programme nécessaires.

Ci-après figure un exemple de tableau de charge pour une semaine donnée.

MECANICIENS - MONTEURS							
SEMAINE 01/03							
Potentiel heures	800						
Régie	80						
Congés/Réc.	80						
Absences	30						
Dépannage	50						
U2	200						
Programmable	520						
Etat de la position	Bon de travail	Arrêt : S	Elect / Méca	Libellé	Nb de personnes	Durée en heures	Secteur
<b>Travaux prévus</b>							
	64639/01			Remise en état BS N° A6	2	10	FF
	66159/12			Réparation réacteur 1	1	10	C
	67060/01			Remise en état plaque du bouilleur	2	8	E
				PREVENTIF	1	50	
	64657/01-P			Réparation réacteur 2	1	10	H
	Total	106					
<b>Réservation</b>							
					1	20	
					2	30	
	Total	80					
TOTAL	186						
<b>A sous-traiter</b>							
					1	3	
					2	20	
Total S/T	43						
TOTAL I + E	229						



### Tableau de charge des arrêts programmés

A partir du Plan de Maintenance Préventive sont définis les arrêts programmés nécessaires ( en fréquence et en importance ).

Mais lors d'un arrêt programmé sont réalisés différents types de travaux :

- Maintenance préventive ( prévue en principe pour l'année, et quantifiée, hors suites à visites ).
- Suites à visites.
- Remises en état, ou réparations.
- Modifications.

En général, lors de la définition des arrêts programmés, on prévoit 50 à 75 % des heures pour la maintenance préventive, suites à visites comprises, et 25 à 50 % des heures pour les réparations et modifications ( à définir d'une manière prévisionnelle sur bases de statistiques ).

Pour chaque arrêt programmé, on réalise un élément de tableau de charge :

- a. On calcule le potentiel théorique de réalisation de chaque spécialité professionnelle de la maintenance, compte tenu :
  - de la durée d'arrêt programmé prévue ;
  - des tranches horaires réservées.
- b. On réalise un calcul statistique des absences imprévues.  
Cette charge est renseignée ; elle se déduit donc du « potentiel » pour le « disponible ».
- c. On reporte les heures nécessaires aux visites de maintenance préventive prévues ( à faire par le personnel interne ).
- d. On calcule la différence par spécialité professionnelle et par période d'ordonnancement.
- e. Ensuite on charge en priorité les suites à visites prévues.
- f. Puis, au fur et à mesure que se présentent des dossiers d'OT pour réparations ou modifications, les heures correspondantes viennent se charger dans le « temps disponible ».
- g. Lorsqu'on reçoit un OT pour lequel on constate, au tableau de charge, qu'on ne peut respecter le délai demandé, la démarche doit être la suivante :
  - voir avec le demandeur si le délai peut être modifié ( arrêt programmé suivant ) ;
  - sinon, lui faire définir les priorités et décaler d'autres travaux déjà programmés ;
  - sinon, voir si l'on peut décaler des travaux correspondant à d'autres clients ;
  - sinon, sous-traiter ou augmenter la capacité de réalisation.
- h. En finalité, l'élément de charge correspondant à un arrêt programmé se définit comme ci-après

Potentiel théorique interne	Absences imprévues
	Temps nécessaire aux visites de maintenance préventive
	Temps nécessaire aux suites à visites de maintenance préventive
	Temps nécessaire aux réparations et modifications
Partie sous-traitée	Maintenance préventive
	Réparations et Modifications

## Utilisation des tableaux de charge

Comme dans tous les domaines de la maintenance, il faut faire preuve de sélectivité : la situation de la maintenance d'une usine n'est pas identique à celle de la maintenance d'une autre usine.

### ***Tableau de charge de maintenance courante.***

#### **A. Les travaux de type U3 représentent plus de 30 % des temps des travaux**

Les travaux U3 comprennent des travaux :

- de maintenance préventive,
- de réparations,
- de modifications.

1<sup>er</sup> cas : les visites de maintenance préventive sont déclenchées suivant un paramètre d'utilisation ( heures de marche, nombre d'unités produites...)

Dans ce cas, on utilise le Tableau de charge comme outil d'ordonnancement tel qu'il a été présenté précédemment.

2<sup>ème</sup> cas :

- la constance du programme de fabrication permet que les visites de maintenance soient déclenchées d'une manière calendaire ;
- les travaux de type U3, hors visites préventives, représentent plus de 30 % des temps des travaux.

Dans ce cas, on utilise également le Tableau de charge comme outil d'ordonnancement.

3<sup>ème</sup> cas :

- la constance du programme de fabrication permet que les visites de maintenance soient déclenchées d'une manière calendaire ;
- les travaux de type U3, hors visites préventives, représentent moins de 30 % des temps des travaux.

Dans ce cas, on utilise le Tableau de charge uniquement pour lisser la charge du préventif.

### B. Les travaux de type U3 représentent moins de 30 % des temps de travaux

Dans ce cas, on utilise le Tableau de charge uniquement pour lisser la charge du préventif.

#### ***Tableau de charge des arrêts programmés***

Bien évidemment, il doit être utilisé pour tout arrêt programmé.

### **Planification des arrêts programmés**

Un arrêt programmé doit être planifié sous forme d'un diagramme de GANTT. Sur chaque ligne sont mentionnées les ressources nécessaires : nombre de personnes et corps de métier ou sous-traitant.

On utilise souvent un programme de gestion de projet : MS Project – PSN7, PSN8....



Distribution des travaux		N° OT	Durée	SEMAINE :3								
Section :	Rénove			Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi
Jean DURAND		3489	13									
		3480	18									
Pierre TULOT		3490	40									
		3492	20									
Jacques DUPONT		3488	22									
		3487	35									
Roland PETIT		3484	20									
		3491	20									
Pierre PALIN		3492	14									
		3493	19									
Charles GUERIN		3485	14									
		3486	30									
Paul TRAIN		3495	27									
		3496	17									
Jean GROS		3497										

### Exemple de planning

Ce type de planning, fait avec Excel, est le même que l'on utilise souvent pour la distribution des travaux journaliers (voir plus loin).

S-Traitant	N° OT			SEMAINE :3							Lundi
				Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche	
SINCLI	3489	Transbordeur	Remplacement rails et patins INA								
SINCLI	3480	Broyeur 204 Burr	Réparation du marteau								
SINCLI	3490	Broyeur 204 Burr	Remplacement des plaques de blindage								
SINCLI	3492	Broyeur 204 Burr	Remise en état et remontage de l'entraînement								
SINCLI	3488	Broyeur 104 Kaiser	Remplacement du vérin								
SINCLI	3487	Planeuse C21	Dépose repose PST Planeuse C21								
SINCLI	3484	Essorage	Contrôle de 2 essoreurs								
SINCLI	3491	Cage 5	Remplacement bielle bombé allonge nord								
CHARTAIN	3492	Table 9	Echange rouleaux VB5								
CHARTAIN	3493	Dérouleuse	Echange PST 66 75								
CHARTAIN	3485	Cage 5	Echange piston vérin de démontage								
CHARTAIN	3486	Table 9	Intervention chgt rouleaux								
TARON	3495	Cage 1	Remplacement des joints de tige								
TARON	3496	Cage 5	Modification du coffret vis de serrage								
TARON	3497	Cage 9	Rempl vannes arrière rampe sortie inférieure								

### Exemple de planning

C'est une variante du planning précédent, plus adapté à la distribution des travaux d'arrêt programmé, sous-traités..



### Lancement ou distribution du travail

Pour le lancement, ou distribution du travail, il est conseillé d'utiliser un

#### Tableau de distribution du travail

Ce tableau de distribution du travail permet tous les jours au responsable et aux agents de maîtrise de réalisation de :

- Définir, en liaison avec la Fabrication, les travaux à distribuer en priorité pour le lendemain.
- Déclencher les procédures de sécurité.
- Préparer les moyens nécessaires : matières et pièces de rechange, outillages, etc.
- Répartir le personnel opérationnel et constituer les équipes.
- Assurer la coordination des différents corps de métier, et assurer la continuité d'action des différentes phases d'un travail.
- Assurer la bonne utilisation du personnel opérationnel ( dans ce cas, veiller à ce que chaque ouvrier ou technicien ait toujours 2 travaux en main).
- Faire le point et vérifier l'avancement des travaux en cours.

La distribution du travail a lieu une fois par jour.

Elle consiste pour le Responsable de la Réalisation à :

- Mettre à jour les effectifs en fonction des absences.
- Faire le point avec chaque agent de maîtrise sur l'avancement des travaux en cours – les bandes des phases de travail sont réajustées en fonction des avances et retards.
- Distribuer les nouvelles phases de travail prioritaires et constituer les nouvelles équipes.
- Vérifier que l'ensemble du personnel est bien occupé.

Après cette distribution ( en général 1 heure avant la fin des heures ouvrables, de manière d'avoir le temps de remettre les permis de travail à signer pour le lendemain à la fabrication ), chaque agent de maîtrise reçoit les bons de travail des phases distribuées, accompagnés des documents annexes.

#### TABLEAU INFORMATIQUE

Le Tableau de Distribution du Travail est un programme développé sous Excel.  
Chaque travail à distribuer est représenté sous la forme suivante :

Exemple : chaque mercredi a lieu une réunion d'identification des travaux à prévoir pour la semaine suivante. Ces travaux sont soit des travaux de type U2 arrivé depuis le mercredi précédent, soit des travaux U3 dont la semaine planifiée est la semaine qui suit. Ils ont été placés dans la rubrique « Travaux à distribuer ». Un code permet de distinguer les travaux de la

semaine en cours, de la semaine suivante, ou en attente de pièces. Il y a sommation de temps main d'œuvre pour chaque secteur.

A noter que lorsqu'il y a des anomalies importantes dues au Client entraînant des pertes sur un travail, le contremaître ouvre un nouveau Bon de travail avec la position : 50

Chaque jour une réunion de coordination a lieu entre le Chef de la Réalisation et les Contremaîtres. Des travaux sont alors affectés aux hommes, et aux Contremaîtres Chaque homme doit savoir quels seront ses travaux du lendemain et où.

De ce fait, à tout moment chaque contremaître peut modifier le tableau en fonction de l'avancement des travaux : suppression d'un travail terminé, glissement d'un autre travail, couleur jaune pour un travail à moitié terminé... En tout état de cause, le tableau est à jour pour la réunion quotidienne.

La règle est que chaque homme doit toujours avoir deux travaux en mains : un travail qu'il réalise et le travail qu'il fait en suite.

Sur le tableau ci-après des lignes de travail sont de la même couleur, cela signifie qu'un même travail est fait ensemble par 2 ou 3 hommes.

L'exemple donné est courant lorsque la GMAO permet d'accéder directement à la connaissance des OT.

Dans le cas contraire, les contremaîtres ou chefs d'équipes créent une autre colonne pour les titres d'OT.

Distribution des travaux		N° OT	Durée	SEMAINE :3								
Section :				Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi
	Rénove											
Jean DURAND	3489	13										
	3480	18										
Pierre TULOT	3490	40										
	3492	20										
Jacques DUPONT	3488	22										
	3487	35										
Roland PETIT	3484	20										
	3491	20										
Pierre PALIN	3492	14										
	3493	19										
Charles GUERIN	3485	14										
	3486	30										
Paul TRAIN	3495	27										
	3496	17										
Jean GROS	3497											

## Gestion des stocks

### Définition du stock de maintenance

Le stock de maintenance d'une usine est constitué de l'ensemble des articles ( matières et pièces de rechange ) qui permettent au service maintenance :

- de maintenir de la façon la plus économique possible le matériel de l'usine, en accord avec la fabrication,
- d'exécuter des travaux de différentes natures, à la demande de différents services en qualité de fournisseur.

Ne sont pas compris dans le stock maintenance :

- les matériels et matières commandés pour les constructions nouvelles,
- les outillages de fabrication,
- les articles commandés directement sur un OT préparé,
- les matériels et articles condamnés,
- les matières et produits de fabrication.

Certains de ces matériels peuvent être stockés dans le magasin de maintenance ( dans des zones réservées ). Ce n'est pas pour cela qu'ils font partie du stock maintenance.

Notons que la définition du stock de maintenance n'est pas liée à la position comptable des articles.

Ceux-ci peuvent :

- soit figurer dans les comptes de bilan : comptes de valeurs immobilisées, compte de stocks,
- soit être imputées à l'achat :
  - sur les sections de fabrication ( ou exploitation ) utilisatrices du matériel : cette solution qui existe dans de nombreuses entreprises n'est fiscalement pas légale ; elle entraîne la constitution de stocks dits « pirates »,
  - sur le taux de l'heure de maintenance ou sur un compte général ( solution légale ).

La solution d'imputation sur le taux de l'heure de maintenance est à conseiller pour la quincaillerie et certaines matières consommables de maintenance.

40 % des articles ne représentent que 5 à 10 % de la valeur du stock, et de la valeur des sorties : ils ne méritent pas de gestion spécifique.

Ce sont en général des articles dits « consommables » dont on peut imputer le coût à l'achat sur le taux horaire de maintenance.

En général, ces articles peuvent faire l'objet de « self-services » en atelier, dans la mesure où ils ne peuvent être que d'un usage domestique restreint.

Le self-service présente un intérêt :

- pour la réduction du temps d'attente au magasin,
- pour le cas où le magasin n'est ouvert que durant une tranche horaire (la journée).

Si l'usine tourne en 3x8, et s'il n'y a des magasiniers que durant la journée, il arrive fréquemment que la maîtrise l'ouvre après les heures ouvrables (la nuit par exemple) et que les sorties se fassent sans qu'un cahier prévu à cet effet ne soit renseigné ( d'où des risques de rupture de stock, par méconnaissance du stock réel ).

Or, souvent après les heures ouvrables ne se font que des réparations provisoires qui ne nécessitent que des pièces banales ( en dehors des travaux spécifiques et prévus, pour lesquels les pièces doivent être réservées ). Ces catégories de pièces ( les « consommables » ) peuvent être mises en self-service, ce qui rend alors possible une plus grande discipline de la part de la maîtrise.

### Gestion des stocks et magasins

Les moyens informatiques permettent :

- une gestion des stocks centralisée,
- des magasins décentralisés ( d'où l'exclusion possible des magasins « pirates » ).

C'est une formule qu'il faut chercher à mettre en place.

### Répartition des responsabilités et des tâches

Dans la répartition des responsabilités, il y a souvent une confusion entre définition du besoin, gestion des stocks et magasinage.

Il apparaît qu'il est préférable de rattacher :

- la définition du besoin,
- l'expression du besoin ( paramètres de gestion – demandes d'approvisionnements ), c'est-à-dire la gestion des stocks,

au chef maintenance.

Ce rattachement facilite l'optimisation du coût global de maintenance ( dont le coût de possession des stocks fait partie ).

Le tableau ci-après précise la répartition des responsabilités.

DEFINITION DU BESOIN	METHODES MAINTENANCE ( B.T.M. )
EXPRESSION DU BESOIN	GESTION DES STOCKS ( Maintenance )
SATISFACTION DU BESOIN	ACHATS
MAGASINAGE	MAGASIN
CONTROLE DE LA VALEUR	COMPTABILITE

En principe, le magasin ( opérations de réception, classement, distribution, enregistrement ) peut être rattaché à n'importe quel service, mais il est vrai que son rattachement au service maintenance facilite beaucoup les relations.



## Différents moyens d'organisation : Gestion des stocks

Dans ce cadre, le tableau ci-après explicite la répartition des tâches.

STADES	TACHES	RESPONSABLES
MISE EN STOCK D'UN NOUVEL ARTICLE	Etablissement des nomenclatures de pièces de rechange	Méthodes Maintenance avec Client
	Prévision des consommations	Méthodes Maintenance
	Etude d'opportunité de mise en stock pour les pièces de sécurité	Méthodes Maintenance avec Client
	Etablissement de la spécification technique	Méthodes Maintenance
	Codification	Gestion des Stocks
	Inscription au magasin	
	Ouverture d'une fiche de stock	
APPROVISIONNEMENT DU STOCK	Chiffrage des paramètres de gestion	Gestion des Stocks avec Comptabilité et Achats
	Déclenchement de l'approvisionnement	Gestion des Stocks
	Demande de prix d'après les spécifications techniques	Achats
	Examen des propositions des fournisseurs	Achats, avec Méthodes Maintenance si nécessaire
	Choix du fournisseur	
	Passation de la commande	Achats
	Suivi et relance de la commande	
RECEPTION	Réception quantitative des achats directs et des pièces pour stock ; vérification de la présence des certificats de conformité	Gestion des Stocks
	Mise à jour de la fiche de stock	
	Prise en charge et paiement des factures	Comptabilité
MAGASIN	Rangement en magasin	Gestion des Stocks (Magasin)
	Conservation des articles (humidité, graissage..)	
SORTIE DE STOCK LIVRAISON	Commande de pièces à sortir avec imputation	Réalisation ou Méthodes
	Réservation (éventuelle) sur fichier	Gestion des Stocks
	Préparation des articles ou de la matière à délivrer, groupages	
	Délivrance des articles ou livraison	
	Mise à jour de la fiche de stock	
CONTROLE	Inventaires tournants ou inopinés	Gestion des stocks
RADIATION D'UN ARTICLE	Décision de radiation	Méthodes Maintenance
	Radiation sur catalogue	Gestion des stocks
	Revente	Achats
AMELIORAT. DE LA GESTION	Modifications des besoins	Méthodes Maintenance
	Standardisation	
	Modifications des paramètres de gestion	Gestion des Stocks
GESTION SERVICE	Etablissement et suivi du tableau de bord « Gestion des Stocks	Gestion des Stocks

### Catalogue

Le catalogue est la liste des références du stock maintenance. Il résulte d'une sélection effectuée par les Méthodes Maintenance sur les nomenclatures des pièces d'usure et de sécurité figurant dans les dossiers techniques du matériel.

Il est destiné à :

- Permettre l'identification rapide et sans ambiguïté par l'utilisateur de tout élément démontable constituant un matériel, pour un niveau de maintenance défini, pour les opérations d'approvisionnement, de magasinage, de distribution des articles nécessaires à la maintenance du bien.
- Constituer un langage commun à tous les services de l'usine, chaque article y figurant sous une appellation et une seule.
- Faciliter la standardisation.
- Permettre, dans le cas de rupture de stock d'un article, de se dépanner avec un article voisin.
- Orienter le classement du fichier de stock, des articles au magasin et des normes de réception qualitative.

En principe, le catalogue comprend :

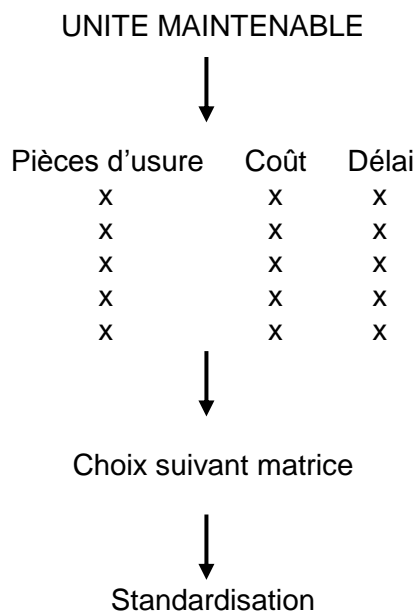
- le code de la référence,
- la désignation de la référence, avec le numéro de plan pour les pièces spécifiques,
- le gisement de la référence : magasin(s) et N° de classement dans le(s) magasin(s).

Par le code de la référence, on accède à la connaissance de la fiche de stock qui comporte tous les renseignements concernant la référence.

Avec l'utilisation de l'informatique :

- les illustrations directes sur le catalogue n'existent pas souvent ( il faut numériser des images ce qui est coûteux ) ; lorsque cela est nécessaire, le catalogue ou la fiche de stock doit renvoyer à des numéros de plans ou schémas,
- on accède à la connaissance du catalogue à la fois sur écrans, et sur tirage papier.

## Choix des pièces de rechange nécessaires



U.M.	METHODE MAINTENANCE	CAS DE MISE EN STOCK	DATE DE MISE EN STOCK
V	Dépannage	Tous les cas	PP = 0,7 MTBF
			PN = immédiat
V Réparable Redondance	Dépannage	U.M. = 1 en stock + 1 en réparation	PP = 0,7 MTBF
		Pièces composantes avec un délai important	PN = immédiat
V P	Maintenance préventive	Parties « techniques »	immédiat
		PN	
		PS (accord Direction)	
P	Dépannage	Pièces avec délai important	PP = 0,7 MTBF
			PN = immédiat
S	Dépannage		

PP : Pièces protégées de l'environnement, du produit et de l'utilisation

PN : Pièces non protégées de l'environnement, du produit et de l'utilisation

PS : Pièces stratégiques

## Codification des références

### Principes généraux de classement

#### *Classement par groupe de familles*

CAS	ORIGINE	ARTICLE	DESTINATION (par type de matériel)
1		 BANAL	
2		 COMMUN	
3		 SPECIFIQUE	

#### *Classement au sein de chacun des trois groupes de familles*

##### Groupe « banal » :

Il concerne les fournitures et pièces banales, par exemple :

- Matériaux de construction.
- Fils, câbles électriques et accessoires.
- Métaux.
- Autres matières premières.
- Moyens de fixation.
- Robinetterie.
- Joints et organes d'étanchéité.
- Equipements électriques.
- Composants électroniques.
- Moteurs électriques et accessoires.
- Organes de transmissions.
- Contrôle et régulation de machines.
- Etc.

Classement :

- Famille.
- Sous-famille.
- Classe.

##### Groupe « Commun » :

Appareils communs et leurs pièces de rechange spécifiques. C'est la cas classique des pompes.

Classement :

- Famille.

- Sous-famille.
- Constructeur.
- Type du constructeur.

### **Groupe « Spécifique » :**

Pièces de rechange spécifiques à un type d'unité d'intervention. Ces articles sont classés dans l'ordre de la Nomenclature du Matériel, par type d'unité d'intervention.

## **Application des classements**

### **1<sup>er</sup> Cas**

L'entreprise opte pour les trois modèles de classement pré-cités et adapte la codification des références en conséquence.

Dans ce cas, la codification doit avoir en tête une lettre ou un chiffre qui indique que la référence appartient :

- au groupe « banal »,
- ou au groupe « commun »,
- ou au groupe « spécifique ».

Il est préférable que la notion de « famille » soit identique pour les pièces banales et communes (même nombre de caractères de codification).

Il est préférable aussi que le nombre de caractères pour la partie « idéologique » d'une part, et pour la « partie séquentielle » d'autre part, soit le même pour tous les types de références.

### **2<sup>ème</sup> cas**

L'entreprise opte pour le modèle le plus courant en permettant par les principes de classement et de codification d'inclure les besoins propres aux autres modèles.

En général, on opte pour le modèle de classement suivant :

- famille,
- sous-famille,
- catégorie,
- sous-catégorie : cotes ou matières.

Ce modèle inclut facilement les besoins du « groupe banal ». La dénomination standard est incluse dans la description de la référence (ex : vis HM, 18-90 XC 48F, cadmiée)

Pour les besoins du « groupe commun », le nom du constructeur et le type sont inclus dans la description de la référence.

Pour les besoins du « groupe spécifique », la description de la référence désigne explicitement le matériel concerné et un numéro de plan.

### 3<sup>ème</sup> cas

C'est celui de l'entreprise de service dont l'activité est liée à l'utilisation de véhicules.

1. Le véhicule a un N° de parc :

XX	XX
Famille	N° séquentiel

2. La référence d'article de rechange a un code de huit caractères alphanumériques, par exemple, décomposé comme suit :

2.1. Famille : désigne la marque et le type de véhicule, au moyen de deux lettres alphabétiques.

Exemple : famille BA pour :

B : engins « BOSCHUNG »,

A : type PONY.

2.2. Sous-famille : constituée d'un groupe et d'une classe.

Exemple :

Le groupe « F » comprend tous les équipements hydrauliques et pneumatiques.

Ce groupe est divisé en quatre classe :

1. Réservoirs – pompes – moteurs – compresseurs – assistances.
2. Vérins.
3. Tuyauteries rigides, flexibles.
4. Raccords – équipements.

2.3. Type : à l'intérieur de chaque classe, les articles sont regroupés par type.

Exemple : la classe 2 du groupe F : « Vérins » comprend entre autres les articles suivants : vérin de direction – vérin de benne – vérin de table élévatrice – etc.

De plus, à chaque type d'article correspond un numéro de séquence bien défini.

Exemple :

- Pour les « vérins de direction », la plage des numéros séquentiels part de 0000 à 0199.
- Pour les « vérins de benne, la plage des numéros séquentiels part de 0200 à 0299,
- Etc.



- La recherche d'une référence, et les classements, peuvent ensuite se faire dans le désordre.

Type	Puissance	Vitesse	Diamètre d'arbre
1. ....	1. ....	1. ....	1. ....
2. ....	2. ....	2. ....	2. ....
3. ....	3. ....	3. ....	3. ....
4. ....	4. ....	4. ....	4. ....
5. ....	5. ....	5. ....	5. ....
V. ....	V. ....	V. ....	V. ....
W. ....	W. ....	W. ....	W. ....
X. ....	X. ....	X. ....	X. ....
Y. ....	Y. ....	Y. ....	Y. ....
Z. ....	Z. ....	Z. ....	Z. ....

Un moteur asynchrone triphasé à rotor bobiné, de 5 V, tournant à 1500 tr/min, de hauteur d'arbre 180 mm, a par exemple le code :

MM                      3                      5                      6                      8

ou : MM 3568

Pour ces caractéristiques là, plusieurs « fiches techniques » sont proposées, correspondant aux références de moteurs en stock.

Sur le tableau mentionné, apparaissent sur écran en sur-brillance (ou en couleur) les positions pour lesquelles existent des références en stock.

On peut engager une recherche de type multi-critères dans le désordre ; par exemple :

- tous moteurs,
- ou tous les moteurs d'hauteur d'arbre 200 mm,
- ou tous les moteurs d'hauteur d'arbre 200 mm, asynchrones triphasés à rotor bobiné,
- etc.

Ce système est très puissant, mais seuls quelques logiciels le possèdent.

### **Qualités d'une bonne codification**

- Etre stable et ne pas subir de modifications pour des raisons extrinsèques à la référence, telles qu'un changement de position comptable, de fournisseur, ou de gisement magasin.
- Etre concise pour réduire le risque d'erreur (8 à 9 chiffres est un maximum).
- Avoir une trame suffisamment perméable pour intégrer de nouvelles catégories de références, ou de nouvelles références dans une catégorie existante.



## Différents types d'articles

### Pièces neuves

C'est la majeure partie du stock.

#### a. Figurant dans les comptes de stocks

Elles sont valorisées :

- soit par un prix standard fixé au début de chaque exercice,
- soit par le PMP (Prix Moyen Pondéré).

La formule la plus courante est l'utilisation du prix standard (le calcul systématique du PMP pouvant aider au choix du prix standard, en principe par les Achats).

#### b. Imputées sur le taux de l'heure de maintenance, à l'achat

C'est le cas des consommables (partie des 40 % d'articles qui représentent 5 à 10 % des coûts), qui peuvent faire l'objet de self-services.

### Composants de pièces de rechange

On peut avoir en stock des moteurs, mais aussi pour chaque référence de moteur en stock : des roulements, des rotors, des balais, etc.

Si c'est le cas, il importe que le système permette de connaître les liaisons (généralement par l'intermédiaire des fiches de stocks).

Bien entendu, ces pièces sont gérées comme défini précédemment.

### Pièces neuves immobilisées

Pour les grosses pièces (généralement des pièces dites de sécurité), il est possible de prévoir un amortissement sur quelques années. Cela doit être réalisé avec l'accord du Fisc (comptes de valeurs immobilisées).

### Pièces réparables

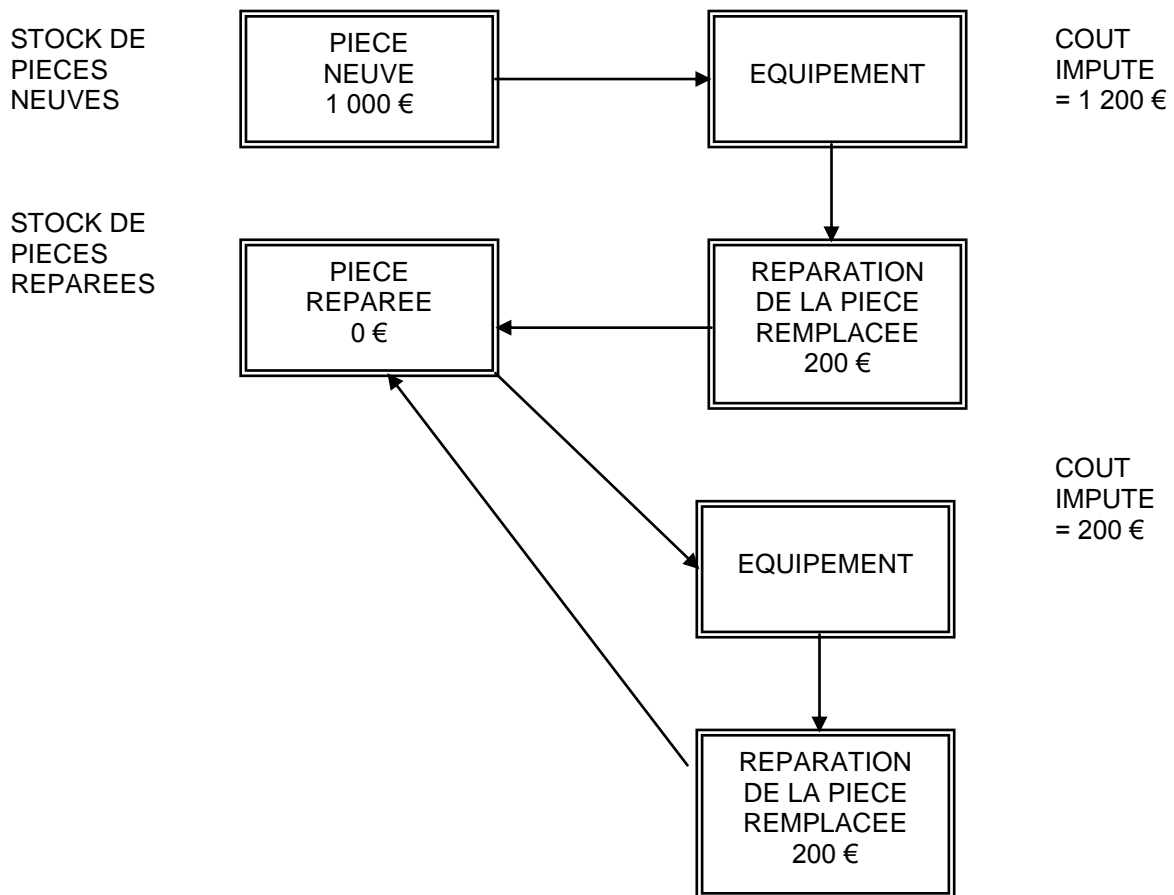
Légalement, les pièces réparables ne peuvent pas être mélangées avec les pièces neuves. Un choix du mode de valorisation et d'imputation doit être fait. Plusieurs systèmes sont possibles, chacun ayant des avantages et des inconvénients.

Afin de bien expliciter chaque cas possible, nous prenons l'exemple suivant :

- coût de la pièce neuve : 1 000 €
- coût de la réparation : 200 €

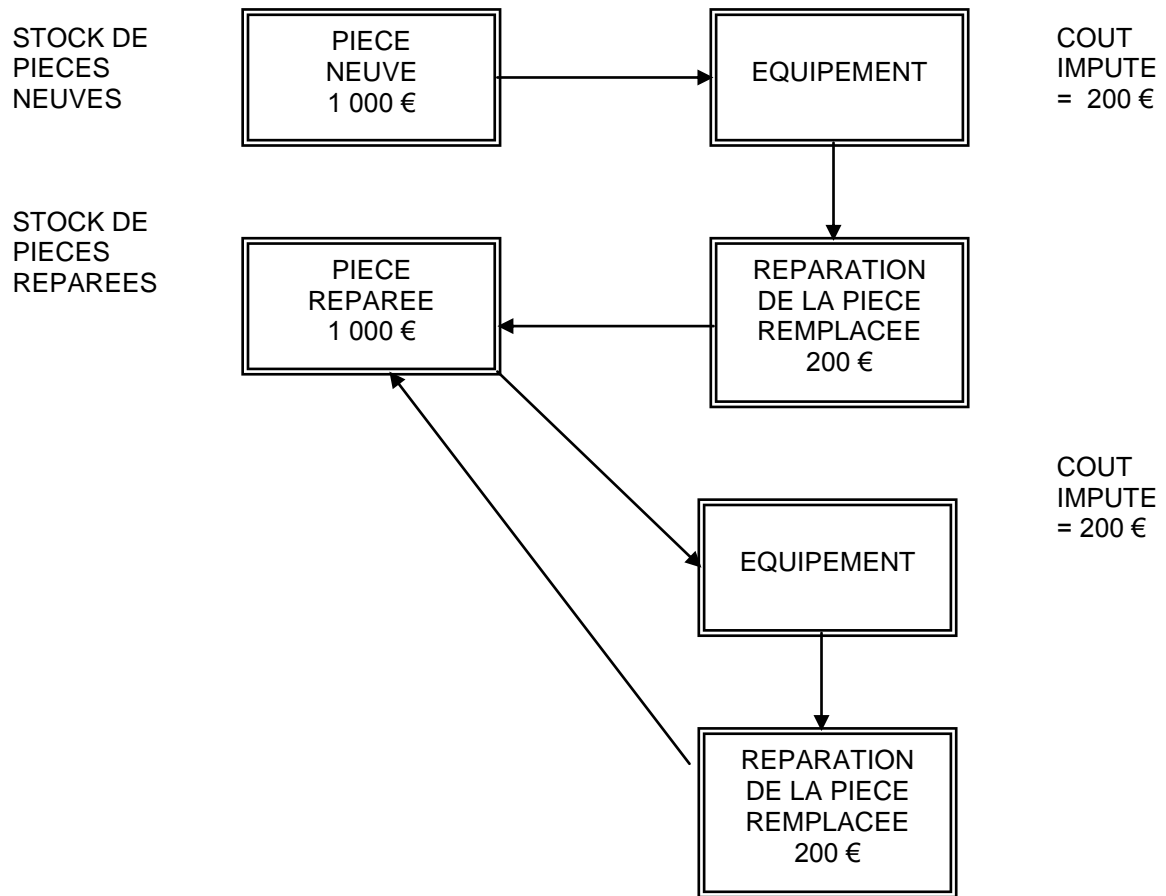
#### 1<sup>er</sup> cas :

Le coût de la pièce neuve, et le coût de la réparation sont imputés à l'équipement concerné par l'échange.



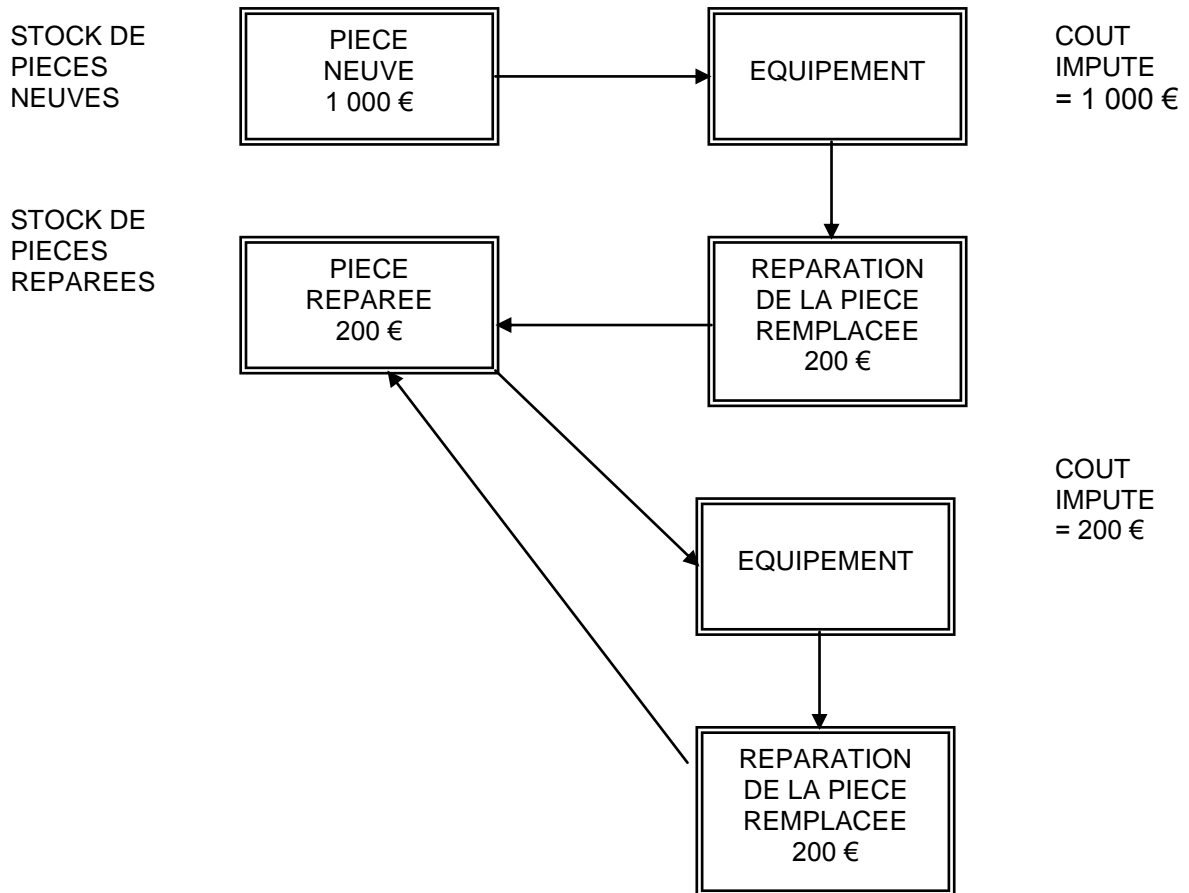
### 2<sup>ème</sup> cas :

Seul le coût de la réparation est imputé à l'équipement concerné par l'échange.



## 3<sup>ème</sup> cas :

Seul le coût de la pièce est imputé à l'équipement concerné par l'échange.



## 4<sup>ème</sup> cas :

Certaines entreprises optent pour des formules mixtes : par exemple x % du coût de la pièces, et y % du coût de la réparation.

.....

Certaines pièces réparables doivent être suivies comme des individus : c'est le cas des « immatriculés ».

Dans ce cas, le système de gestion de la maintenance doit permettre de connaître :

- la situation de chaque individu (localisation),
- l'état de certains paramètres (cotes d'usure par exemple) : d'où la nécessité d'une « fiche historique » par immatriculé.

### Pièces en consignation

Pour les articles du commerce, et d'utilisation courante, il est intéressant de demander aux fournisseurs de mettre à disposition (dans son magasin, mais à un endroit réservé, censé être « loué » par le fournisseur) des stocks de pièces.

Le mécanisme est le suivant :

- Chaque mois l'entreprise donne la liste des articles sortis ; sur cette base, le fournisseur établit une facture.
- Le fournisseur a la possibilité de réaliser des inventaires de vérifications en cours d'année.
- En fin d'exercice, le contrat peut être arrêté ; dans ce cas, le fournisseur reprend les articles non utilisés.

Le fournisseur y gagne en démarches commerciales, et s'assure un certain niveau de chiffre d'affaires.

L'entreprise y gagne par la suppression des « stocks dormants » et par la réduction de coûts de transports.

Les stocks en consignation peuvent concerner des articles tels que :

- roulements,
- joints,
- robinetterie,
- composants électroniques,
- tôles,
- etc.

Ils nécessitent une gestion spécifique.

### Consignes et vidanges

Certains articles nécessitent des contenants (bouteilles d'azote par exemple) qui peuvent être consignés.

Dans ce cas, il importe d'avoir un système de suivi de ces contenants.

### Adaptateurs

Pour le cas de rupture de stock d'un article, il est intéressant d'identifier les pièces de remplacement avec les adaptateurs nécessaires (cas des moteurs, moto réducteurs par exemple).

Il est alors souhaitable :

- d'avoir un tableau récapitulatif des différentes possibilités,
- d'identifier (avec une étiquette par ex.) la pièce de remplacement montée.

## Méthodes de réapprovisionnement

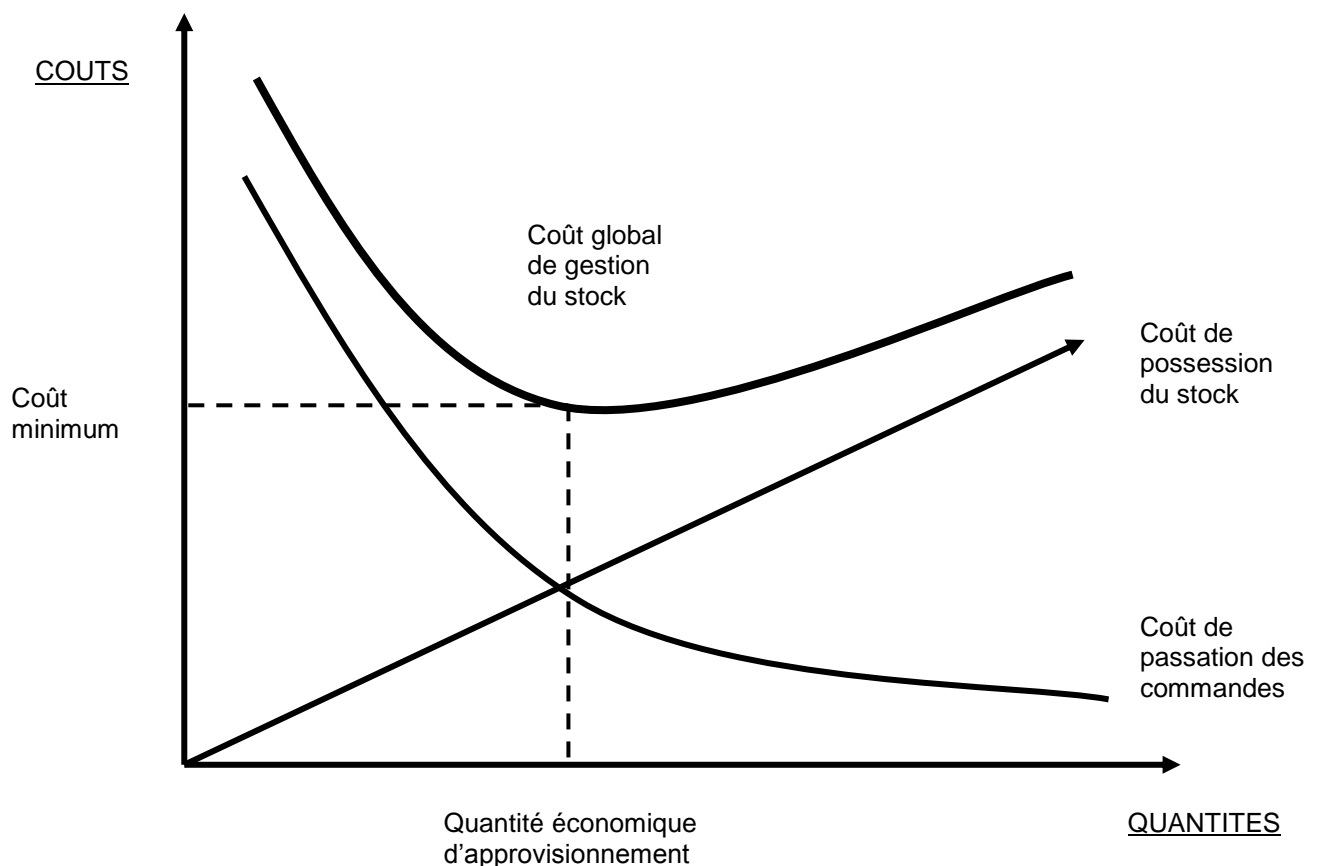
### Principes

Les frais de gestion du stock sont la somme de deux paramètres variant en sens contraire :

- le coût annuel de passation des commandes, proportionnel au nombre de commandes d'approvisionnement passées dans l'année,
- le coût annuel de possession du stock, d'autant plus bas que l'on passe davantage de commandes d'approvisionnement dans l'année.

Il importe en effet de savoir que :

- Passer une commande coûte cher : frais d'établissement de la demande d'achat (incluant certaines recherches dans la documentation fournisseur/constructeur), frais de consultation, frais d'établissement de la commande, coût du transport, frais de réception ; on estime que ce coût varie de 30 à 50 € par commande suivant les entreprises.  
On comprend d'ailleurs qu'il faut de ce fait rechercher à établir des systèmes de « commandes ouvertes » pour les petits articles.
- Le coût annuel de possession du stock de maintenance est environ égal à 20 % de valeur de ce stock :
  - . frais financiers,
  - . coûts de magasinage,
  - . coûts de l'obsolescence (articles non utilisés),
  - . coûts de dépréciation.



En principe, la courbe précédente permet de choisir la bonne méthode de réapprovisionnement pour chaque référence.

La méthode de réapprovisionnement se distingue suivant :

- la nature de l'intervalle entre deux réapprovisionnements : variable ou fixe,
- la nature de la quantité commandée lors de chaque réapprovisionnement : variable ou fixe.

Jusqu'à la généralisation de l'informatique, dans la gestion des stocks de maintenance, on distinguait trois méthodes :

INTERVALLE	QUANTITE	MODE D'APPROVISIONNEMENT ECONOMIQUE
Fixe	Fixe	Méthode du programme
Variable	Fixe	Méthode du point de commande
Fixe	Variable	Méthode du plan d'approvisionnement

Actuellement, on n'utilise pratiquement plus que deux méthodes :

- méthode du programme,
- méthode du point de commande.

### Méthode du programme

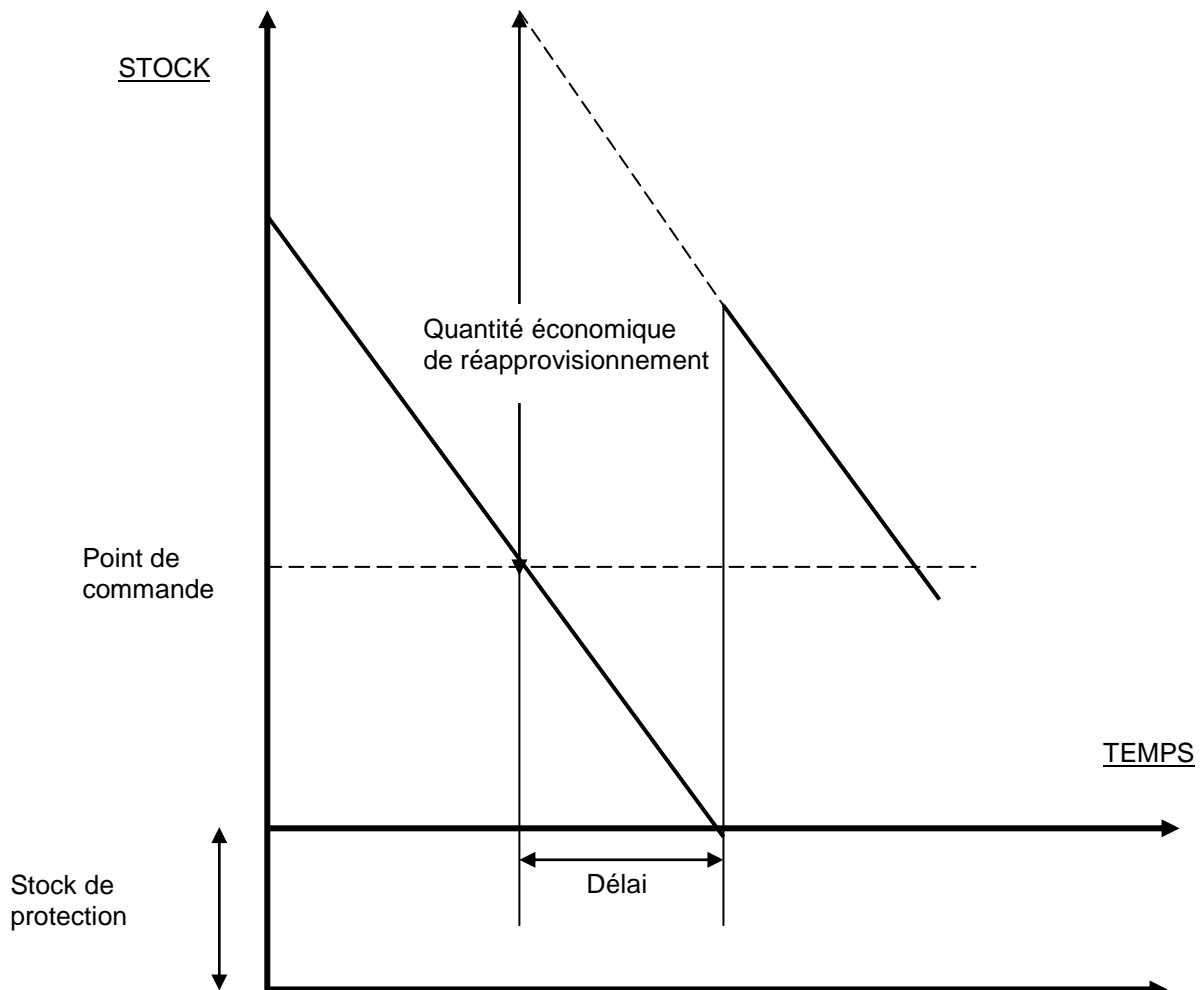
Elle consiste à commander des quantités fixes à des dates ou intervalles fixes.

Elle est réservée à des articles de grosse consommation, continue et très régulière (moins de 5 % des références du stock : quincaillerie et fournitures courantes).

Elle permet de passer une seule commande annuelle avec des livraisons pré-échelonnées d'où résultent des avantages supplémentaires : il faut tenir compte des possibilités de remise effectuées par des fournisseurs lorsque les commandes sont suffisamment importantes.

### Méthode du point de commande

Elle consiste à commander une quantité fixe, dite quantité économique d'approvisionnement, dès que le stock tombe au-dessous d'un niveau appelé point de commande.



Le délai de réapprovisionnement à considérer doit prendre en compte :

- le délai interne (parfois 2 semaines ou plus dans certaines entreprises),
- le délai du courrier,
- le délai du fournisseur,
- le délai de transport,
- le délai de réception.

Les délais étant fluctuant on se couvre de ces fluctuations en créant un stock de protection.

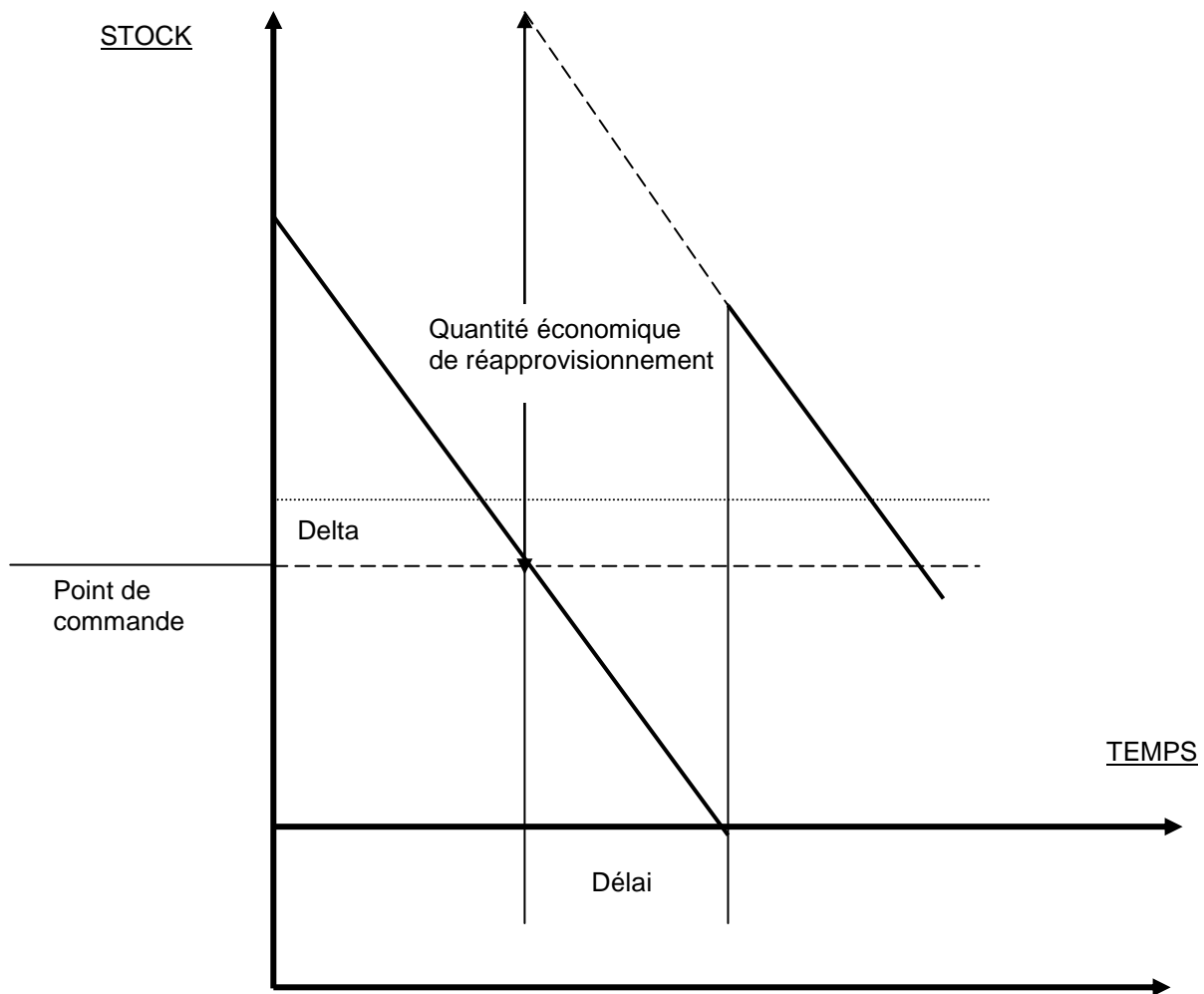
Cette méthode a l'avantage de lier le déclenchement de l'approvisionnement à la consommation réelle de référence ; elle présente donc une grande sécurité.

Mais elle a l'inconvénient de multiplier les commandes et elle peut conduire à en passer plusieurs dans le même mois au même fournisseur.



L'informatique moderne permet de réduire cet inconvénient :

- On donne une fourchette Delta au point de commande.



Quand le point de commande est atteint pour une référence, le système va chercher toutes les références concernant le même fournisseur dont les stocks arrivent dans la zone Delta.

- On réalise des traitements informatiques en temps différé (2 fois/semaine par exemple) pour mieux regrouper les commandes.

La valeur des paramètres est donnée par la formule de Wilson :

- . Quantité Economique

$$Q = \sqrt{\frac{2 Sa}{uT}}$$

- . Point de Commande

$$P.C. = \frac{S}{12} (d + s)$$

avec :

- S : consommation annuelle
- a : coût variable de passation d'une commande
- u : coût unitaire de l'article commandé
- T : taux par euro et par an du coût de possession du stock
- d : délai d'obtention (en mois)
- s : stock de protection ou couverture en mois  
(s/12 : stock de protection ou couverture en quantité )

Note : la formule de Wilson a tendance à créer des sur-stocks. Il convient donc de la roder. Généralement on applique un coefficient de 0,8 à la quantité économique.

### Cas des pièces de sécurité

Certaines pièces qui ne sont pas à mettre en stock maintenance sur la base des seuls critères de fiabilité, sont cependant stockées pour des raisons de sécurité de Fabrication : compte-tenu de longs délais de réapprovisionnement, la « casse » de certaines pièces peut entraîner de très longs arrêts de fabrication, mettant en péril l'entreprise. La décision de mise en stock est prise en accord avec la Fabrication et la Direction.

Ces pièces ne font pas l'objet des méthodes de ré-approvisionnement pré-citées.

## Le fichier stock

Bien évidemment, à chaque référence doit être associée une « fiche de stock » (informatisée). Cette fiche de stock comporte plusieurs parties.

### Les données d'identification de l'article

- Le numéro de codification.
  - La désignation complète :
    - .- caractéristiques techniques,
    - .- références du constructeur (ceci afin d'éviter un double fichier Maintenance/Achats),  
avec le numéro de plan pour les pièces spéciales.
- En principe, il faut prévoir plus de 100 caractères pour la désignation complète.
- La désignation courte.  
Pour certains états informatiques, la désignation courte est nécessaire. On peut éventuellement la remplacer par l'utilisation des 35 premiers caractères par exemple, dans la mesure où la désignation est bien structurée.
  - Le ou les fournisseurs usuels avec :
    - .- leurs références,
    - .- un code d'identification par fournisseur.
  - L'unité d'achat.
  - L'unité d'emploi.
  - L'utilisation pour les pièces spéciales, et les pièces chères.
  - Le numéro de gisement magasin(s).
  - Le responsable technique (création-suppression).
  - Les pièces de remplacement, avec les adaptateurs nécessaires, en cas de rupture de stock.

## Les données et paramètres de gestion

- Le prix standard.
- Le prix moyen pondéré.
- Le point de commande.
- La quantité économique d'approvisionnement.
- Le stock de protection.

## Le stock et les mouvements de stock

- La date et la référence du document de chaque mouvement (entrée ou sortie).
- Les entrées.
- Les sorties prévues et réservations.
- Les sorties réelles.
- Le stock physique.
- Le stock disponible (stock physique moins réservations).

## Les réapprovisionnements

- La date et la référence des documents de réapprovisionnement.
- La quantité commandée.
- La quantité restant à livrer.

## Les statistiques

- Consommations.
- Délais.
- Etc.

## Utilisation du fichier stock

Le fichier stock est un des principaux outils du service Maintenance.  
Il permet :

### A la Réalisation :

- de connaître les disponibilité sans aller au magasin,
- de voir facilement, quand un article fait défaut lors d'une panne, quelles sont les possibilités éventuelles de dépannage.

### Au Bureau Technique Maintenance :

- de corriger les prévisions de consommation en fonction des besoins et de l'historique des consommations,
- d'étudier des améliorations techniques lorsque des pièces ont des consommations élevées,
- d'établir le programme de travail en tenant compte des disponibilités.

### Au Chef Maintenance :

d'effectuer des analyses de type ABC pour orienter ses contrôles, les études d'améliorations, les études de standardisation, etc.

## Magasin (s)

### Gestion des stocks et magasins

Les moyens informatiques permettent une Gestion des stocks centralisée et des Magasins décentralisés (donc les magasins « pirates » n'ont plus lieu d'être).

Dans le cas de l'existence de plusieurs magasins (en principe un magasin central + des magasins décentralisés) :

- la fiche de stock d'une référence doit mentionner la répartition des articles dans les différents magasins,
- le déclenchement d'un réapprovisionnement doit se faire sur base d'un nombre total d'articles en stock,
- pour les consommables, le déclenchement des réapprovisionnements se fait sur base du nombre de boîtes en stock au magasin central.

### Nombre de magasins

Il existe plusieurs possibilités :

- Un seul magasin pour l'usine, pour toutes fournitures.
- Un seul magasin pour l'usine, avec des livraisons directes sur chantiers (appelées livraisons à domicile : LAD) ; ce système existe dans beaucoup d'usines chimiques et tend à se développer dans de grosses usines de process ou de transformation.
- Un seul magasin pour l'usine, avec des self-services et des points spécifiques de stockage (pièces lourdes et spéciales). Ce système convient bien aux petites usines où l'on ne peut avoir un magasinier durant toutes les heures de travail de la Maintenance.
- Un magasin central et des magasins décentralisés.

Le choix est à faire selon :

- l'importance des stocks,
- l'implantation de l'usine,
- le degré de confiance envers le personnel,
- les contraintes propres à l'entreprise.

### Magasiniers

.- Entrées : la présence de magasiniers est évidemment nécessaire..

.- Sorties :

- Magasiniers pour la distribution durant toutes les heures.
- Ou magasiniers pour la distribution durant les heures ouvrables (il est alors préférable d'avoir des self-services pour éviter trop d'entrées dans le magasin en dehors de ces heures).
- Ou pas de magasinier pour la distribution :
  - carte magnétique pour les entrées, avec un système d'enregistrement,

- lecture codes barres des pièces, avec enregistrement du nombre et de la destination,
- éventuellement caméra, avec écran au poste de garde.

### **Moyens modernes :**

- Distributeur rotatif et vertical pour les pièces petites et moyennes (de tels systèmes existent par ailleurs pour les dossiers techniques).
- Codes barres d'identification des références sur casier, avec pointe de lecture et totalisateur.
- Etiquette non destructible identifiant sur la pièce : son code et le gisement.  
Cela permet de gagner du temps en recherche de code, quand la pièce étant installée sur machine devra être elle-même remplacée. Cela n'est évidemment pas valable pour les petites pièces.
- Cartes magnétiques pour identifier les entrées en magasin.

### **Organisation d'un magasin central**

#### **Implantation**

Le magasin doit comprendre plusieurs zones :

- Zone de réception, avec accès pour les moyens de transport.
- Zone de réception technique.
- Bureau du magasin.
- Comptoir et guichet de délivrance des articles.
- Zones de stockage des articles du stock maintenance.
- Zones de stockage ou de transit réservées :
  - . aux articles commandés directement sur OT,
  - . aux matériels et articles pour travaux neufs,
  - . aux matériels et articles condamnés,
  - . aux outillages de fabrication.
- Aire de débitage et préparation matières.
- Zone de réservation.

#### **Classement des articles**

Le classement doit tenir compte au mieux :

- du classement idéologique du catalogue,
- des zones et moyens de stockage utilisés,
- de la fréquence de sortie des articles.

On donne à chaque référence un numéro de gisement qui figure sur la fiche de stock.  
Ce numéro indique :

- la zone de stockage,
- l'allée dans la zone,
- le numéro de rayonnage,
- le numéro de casier.

### Réception technique

Il est très coûteux (et souvent peu efficace) de mettre en place un système de réception technique systématique avec outils de métrologie et bancs d'essais. Le coût de possession du stock maintenance peut alors passer de 20 à 40 % ou plus. Il est préférable de faire confiance aux fournisseurs tout en étant très strict lorsque de mauvaises fournitures sont constatées (mise en garde, puis radiation du fichier fournisseur).

Cependant, comme toujours en maintenance il faut faire preuve de sélectivité.

Pour certains articles critiques (mais pas forcément coûteux) on établit une Fiche de Réception qualitative qui comporte le nom du responsable technique de l'usine pour la référence en question (c'est en principe un technicien méthodes maintenance qui a lui-même établi cette fiche de réception).

Avec la copie de la commande, le magasinier reçoit un exemplaire de cette fiche de réception, ce qui lui permet de prévenir le responsable technique lors de la livraison.

Le matériel en question est stocké dans la zone de réception technique dans l'attente de la réception qualitative par ce responsable.

### Informatique

En raison du grand nombre de références de pièces de rechange (4 000 à 40 000 selon les usines), l'assistance de l'informatique est généralement appliquée en premier lieu à la gestion du stock maintenance.

Cette assistance concerne :

#### **Le catalogue des matières et pièces de rechange**

avec tous les critères d'identification associés à la désignation d'une référence, et la possibilité de consulter et d'éditer la nomenclature des articles en stock.

#### **Les réapprovisionnements avec**

- les propositions de réapprovisionnements à effectuer,
- l'édition de la demande de réapprovisionnement (voire même de la commande,
- le suivi et la mise à jour des paramètres de gestion.

#### **La tenue des stocks avec**

- le suivi des mouvements : entrées, sorties, réintégrations,
- le suivi du niveau de stock par référence,
- la valorisation des mouvements et du stock.

#### **Les réservations**

A noter que le magasinier doit avoir un état des réservations faites, et préparer les pièces nécessaires à quelques jours de la mise à disposition.

C'est une bonne manière de répartir son activité durant les périodes calmes.

#### **Les réparations** des pièces ou appareils dits réparables.

#### **Les suivis de gestion** avec :

- les inventaires permanents, ou clôtures périodiques,
- les états de valorisation des mouvements et du stock,
- des états d'analyse (classements ABC),
- des éléments de tableau de bord.

**Des calculs d'assistance à la gestion**, avec notamment l'utilisation des formules de Wilson.

L'informatique de gestion du stock de maintenance peut être utilement complétée par une **Gestion des Achats** avec :

- le fichier et la gestion des fournisseurs,
- le suivi et la relance des commandes,
- le suivi du solde des commandes et des paiements.

### **Note**

On est parfois tenté d'utiliser un système de gestion des stocks de fabrication pour la gestion du stock maintenance.

Souvent, ce n'est pas une bonne formule.

En effet, l'informatique de gestion du stock maintenance présente des besoins qui lui sont propres :

- nombre de caractères supérieur à 100 pour l'identification des références,
- codification avec code semi-idéologique plus code aveugle,
- possibilité de suivre des références dont l'utilisation peut atteindre une fréquence de 4 ans,
- possibilité de faire des réservations,
- possibilité de gérer les réparables,
- etc.

## **Importance du stock maintenance**

Mesurons trois coûts par rapport à la valeur réactualisée du matériel installé.

- le coût direct (coût des prestations maintenance) représente 2 à 5 % de cette valeur, suivant les entreprises,
- le coût indirect (coût des pertes de production dues au matériel) est du même ordre de grandeur,
- le coût du stock maintenance, dans des conditions normales, doit représenter de l'ordre de 1,5 % de la valeur réactualisée du matériel.

Mais le coût de possession (c'est lui qui importe) est de l'ordre de 20 % du coût du stock, c'est-à-dire environ 0,3 % de la valeur du matériel.

Par ailleurs, il est plus facile de réduire le stock par réduction des besoins (c'est-à-dire par le coût direct et le coût indirect) que par des améliorations de gestion propre.

Cela montre que les nécessités de bonne gestion du stock maintenance ne reposent pas essentiellement sur des critères économiques.

Elles sont dues au fait qu'il faut bien connaître les pièces nécessaires et les avoir en stock en temps utile pour minimiser les temps d'arrêt du matériel et les temps d'intervention.

Il convient donc de mettre en place un système, pas trop sophistiqué, qui réponde bien aux besoins et contraintes propres de l'entreprise.

En terme de volume, un stock maintenance ne doit pas être un supermarché dans l'entreprise. Il n'est là que pour répondre aux urgences.

Les meilleures manières de le minimiser sont :

- analyser et résoudre systématiquement les défaillances,
- mettre en place un système de maintenance prédictive permettant de prévoir les remplacements avec délai (donc on achète plutôt que d'avoir du stock),
- préparer les travaux et planifier d'une manière prévisionnelle (donc on achète plutôt que d'avoir du stock),
- mettre en place un système de commandes ouvertes pour les articles de faible importance,
- développer les stocks en consignati

## Tableau de bord

### Sept paramètres

Les principaux aspects de la maintenance qu'il est nécessaire de contrôler dans ce tableau de bord sont :

**Le coût direct de maintenance du matériel**

**La gestion et l'activité du service Maintenance**

**Le respect des délais**

**La qualité du service rendu**

**La productivité du personnel**

**La gestion des stocks de maintenance**

**La gestion du personnel de maintenance**

Chacun de ces paramètres est contrôlé à l'aide d'un ou plusieurs ratios et informations dont nous donnons la liste ci-après. Les éléments permettant de les établir sont fournis par la Comptabilité, le service du Personnel, la Fabrication, la GMAO de maintenance, etc.

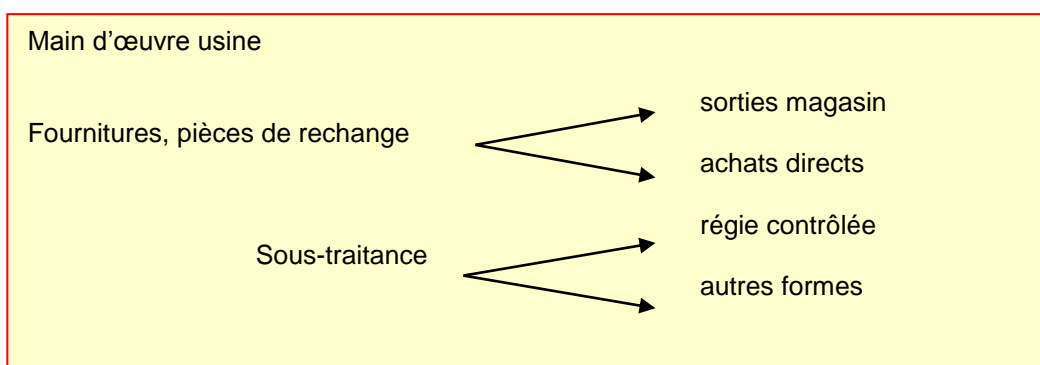
### Liste des informations nécessaires au contrôle

#### Coût direct de maintenance du matériel

- Budget et dépenses de maintenance
  - pour l'ensemble de l'usine
  - par secteur
- Décomposition des dépenses de maintenance
  - par nature de frais

- situation mensuelle
- situation cumulée

- en %
- en valeur





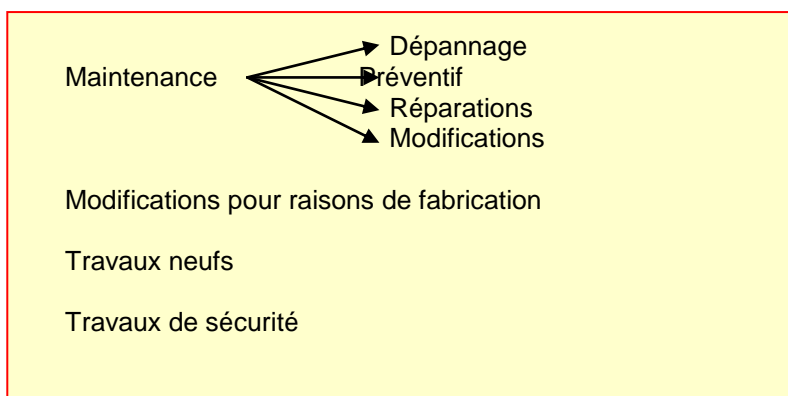
- nature de travaux

Dépannage  
Maintenance préventive  
Réparations hors dépannage  
Modifications pour raisons de maintenance

- par client ou secteur de production
- Coût de la maintenance
  - en % de la valeur ajoutée
  - en % du prix de revient
  - en % de la valeur réactualisée du matériel
  - par unité d'œuvre de production ( tonne, mètre cube, heure, kilomètre, etc...)

### Gestion et activité du service maintenance

- Budget et dépenses d'exploitation du Service Maintenance
- Décomposition du chiffre d'affaires du Service Maintenance en % et en valeur par nature de travail



- Décomposition du nombre d'heures de prestations



- en %
- en valeur

- par nature de travail
- par urgence ( U1, U2, U3 )

- Décomposition du nombre d'interventions effectuées
  - par nature de travail



- en %
- en valeur

- par urgence

- Temps moyen d'un BPT ( Bon de Petits Travaux )

### Respect des délais

- Suivi du nombre d'OT au tableau de charge :
  - par client
  - par nature de travail
  - par stade d'avancement
- Suivi du nombre d'OT au tableau de distribution
  - par agent de maîtrise
  - par position : en réserve, urgent, en cours, bloqué ou suspendu.
- Délai moyen d'un OT en U3

### Qualité du service rendu

La qualité du service rendu se mesure par la diminution des pannes, des imprévus et des pertes pour défaut de qualité, et par conséquent par la diminution du coût indirect.

Au-delà d'une certaine limite (point d'optimisation entre coût direct et coût indirect) il y a sur-qualité donc surcoût.

$\frac{\text{Heures d'arrêt du matériel pour maintenance}}{\text{Heures théoriques totales}}$
---

en %

$\frac{\text{Heures de dépannage}}{\text{Heures totales de maintenance}}$
---

en %

$\frac{\text{Heures de maintenance préventive}}{\text{Heures totales de maintenance}}$
--

en %

$\frac{\text{Heures d'améliorations de maintenance}}{\text{Heures totales de maintenance}}$
---

en %

### Productivité du personnel

- Résultat d'observations instantanées
- Suivi du temps passé pour certains travaux sélectionnés et analysés
- Temps moyen par OT de maintenance
- Temps moyen par BPT
- Temps prévus / temps passés



l'évolution de la maintenance avec les ratios et renseignements retenus dans le tableau de bord de la Direction et, sur une ou deux feuilles, quelques commentaires ainsi que les faits et problèmes du mois.

### **Différents types de tableau de bord**

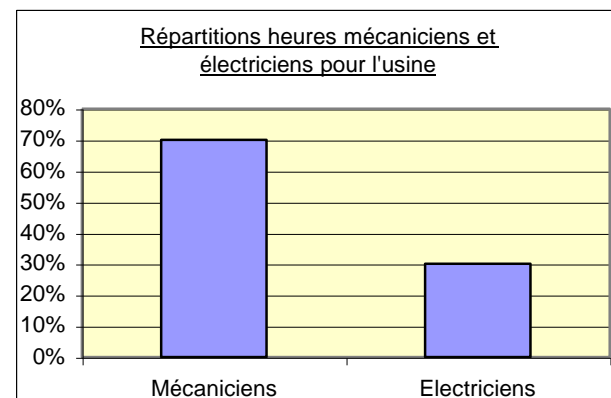
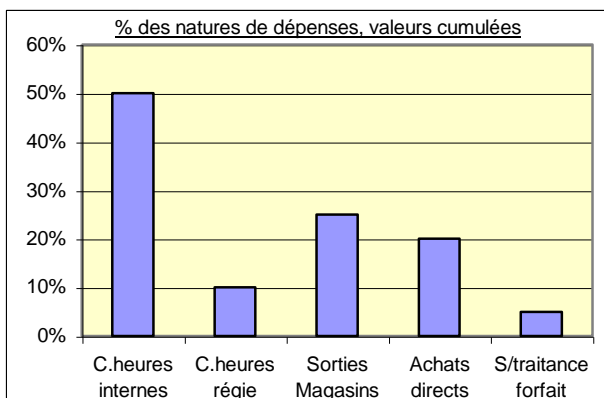
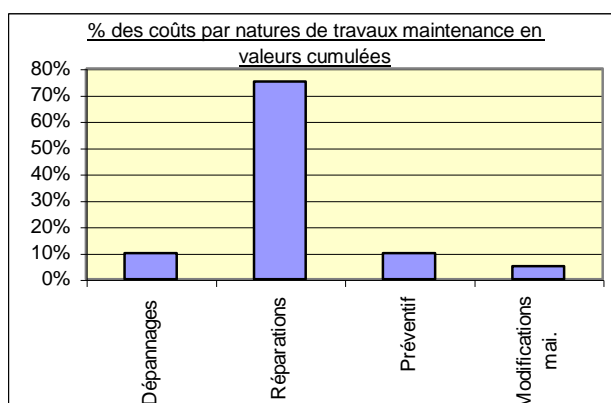
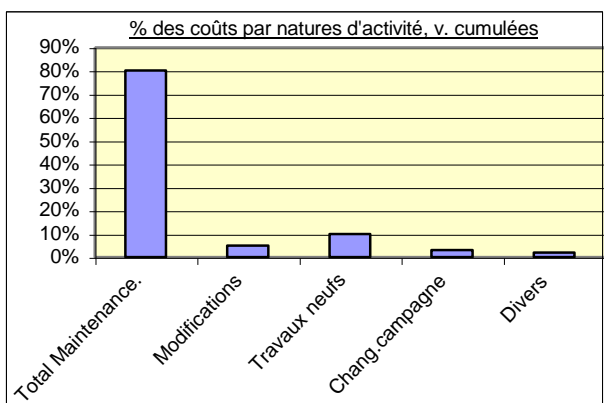
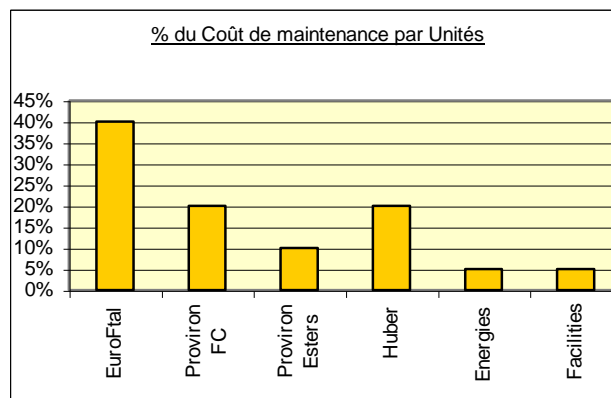
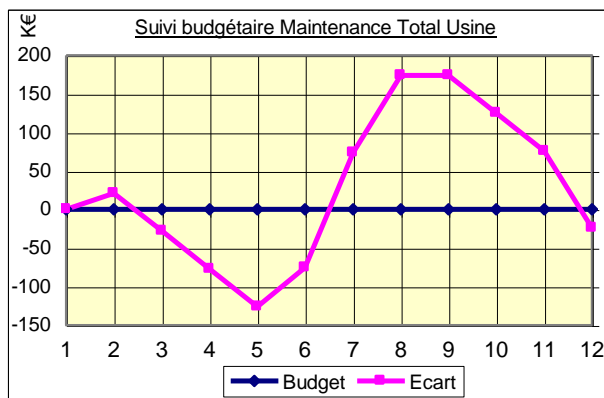
Généralement, il est souhaitable de créer 4 types de tableau de bord :

- Tableau de Bord I : Direction
- Tableau de Bord II : Chef Maintenance + Adjointes
- Tableau de Bord III : Agents de maîtrise, responsables de secteurs et atelier central
- Tableau de Bord IV : Fabrication

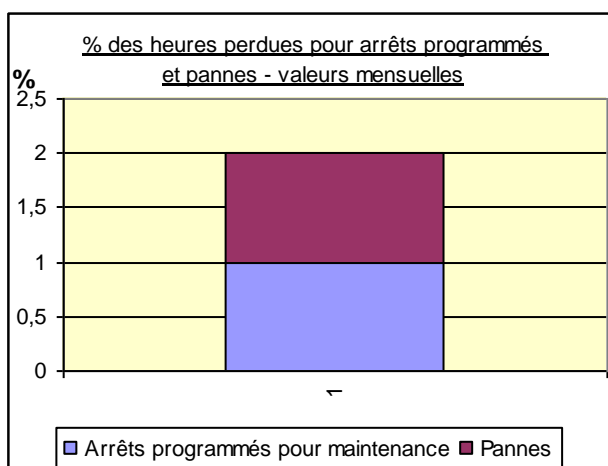
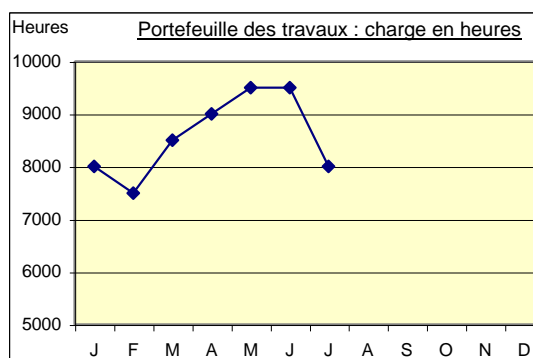
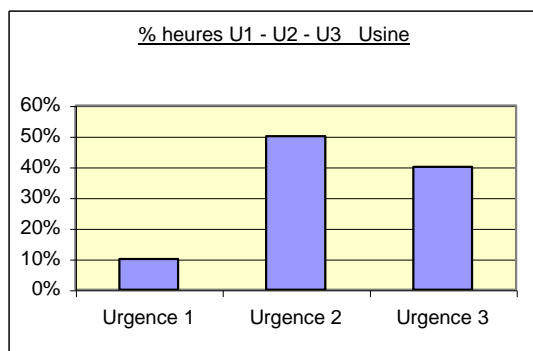
## Exemples

### Tableau de bord Direction

#### TOTAL USINE



### Tableau de bord Responsable Maintenance en plus des indicateurs Direction



SYNTHESE DES HEURES ET COUTS POUR L'USINE													Mois :		p: 1/1	
Destinataires :																
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
COUT DE MAINTENANCE TOTAL - K€																
TOTAL MOIS		300	321	251	251	251	351	449	400	300	251	251	200			
CUMUL		300	621	872	1123	1374	1725	2174	2574	2874	3125	3376	3576			
BUDGET		300	600	900	1200	1500	1800	2100	2400	2700	3000	3300	3600			
ECART		0	21	-28	-77	-126	-75	74	174	174	125	76	-24			

## Différents moyens d'organisation : Tableau de bord

STOCKS DE PIECES DE RECHANGE      Mois :												
Destinataires : Administrateur Délégué Tiso - Directeur Tiso - Directeur Proviron - Gestion stocks												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
COUT DE STOCK - K€												
MAGASIN TISO	1150	1150	1134	1137	1133	1145	1127					
MAGASIN PROVIRON	1015	1015	1018	1040	1061	1056	1043					
MAGASIN FTAL	776	776	792	798	795	798	800					
MAGASIN HUBER	446	446	465	386	394	409	402					
MAGASIN LABO	24	24	25	26	25	25	25					
TOTAL	3411	3411	3434	3387	3408	3433	3397					
NOMBRE D'ARTICLES												
MAGASIN TISO	7742	7742	7740	7765	7765	7768	7768					
MAGASIN PROVIRON	2984	2984	2982	2987	2988	3017	3008					
MAGASIN FTAL	1820	1820	1818	1828	1829	1834	1834					
MAGASIN HUBER	832	832	832	851	858	859	882					
MAGASIN LABO	467	467	466	465	465	466	466					
TOTAL	13845	13845	13838	13896	13905	13944	13958					
Famille A												
Famille B												
Famille C												
Famille D												
Famille E												
MOUVEMENTS ET PARAMETRES DIVERS												

INDICATEURS DE DISPONIBILITE DES LIGNES DE PRODUCTION      Mois :												
Destinataires : Administrateur Délégué Tiso - Directeur Tiso - Directeur Proviron - Responsables d'Unités -												
	LIGNES DE PRODUCTION											
	PSA	MVA	200	300	100	700	500	400	600	900	1000	LL
Valeurs mensuelles												
% heures d'arrêts programmés pour raisons de maintenance	1,5	2	1	0	1	2	3	2,5	1	0	0	1
% heures de pannes	0,3	0,2	1,5	2	0,5	2	1	2	0,5	1	2	0
TOTAL	1,8	2,2	2,5	2	1,5	4	4	4,5	1,5	1	2	1
Valeurs cumulées												
% heures d'arrêts programmés pour raisons de maintenance	1,5	3,5	4,5	4,5	5,5	7,5	10,5	13	14	14	14	15
% heures de pannes	0,3	0,5	2	4	4,5	6,5	7,5	9,5	10	11	13	13
TOTAL	1,8	4	6,5	8,5	10	14	18	22,5	24	25	27	28

## Différents moyens d'organisation : Tableau de bord

GESTION ET ACTIVITE DE TISO	Mois :
Destinataires : Administrateur Délégué Tiso - Directeur Tiso - Directeur Proviron	

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Portefeuille des travaux : charge en heures <span style="color: red;">○</span>	8000	7500	8500	9000	9500	9500	8000					
Proportion des heures de travaux préparés <span style="color: red;">○</span>	50%	45%	43%	40%	53%	54%	45%					
Rapport entre charge programmable et potentiel	50%	40%	45%	46%	53%	50%	48%					
Proportion des travaux soldés en temps prévu	80%	83%	84%	88%	88%	89%	90%					
Temps moyen/Work Order	10	10,5	10,3	9,8	9,9	10	11					
Tps prévus/Tps passés	0,9	0,95	0,98	1,03	0,98	0,95	1,02					

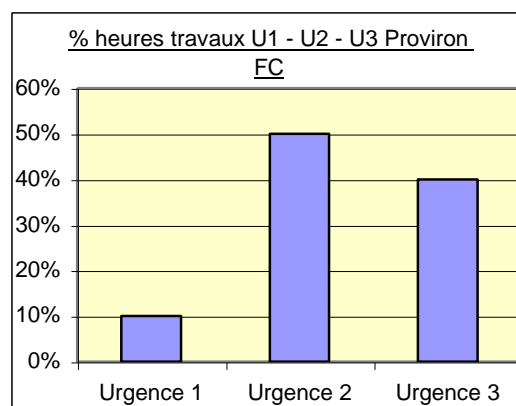
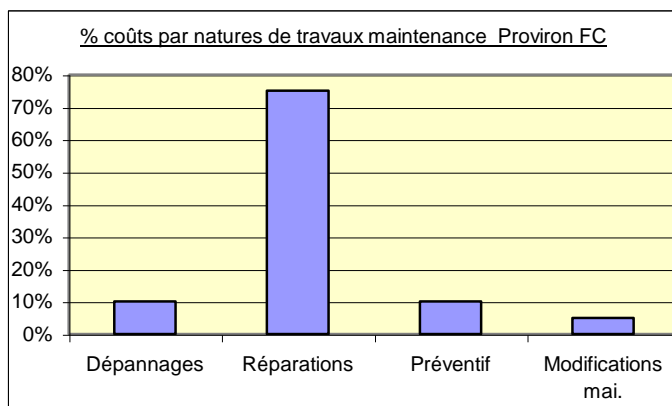
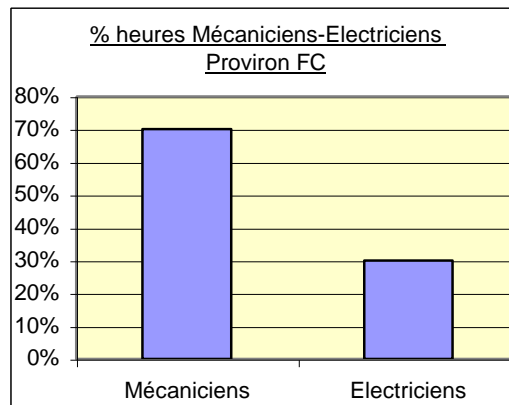
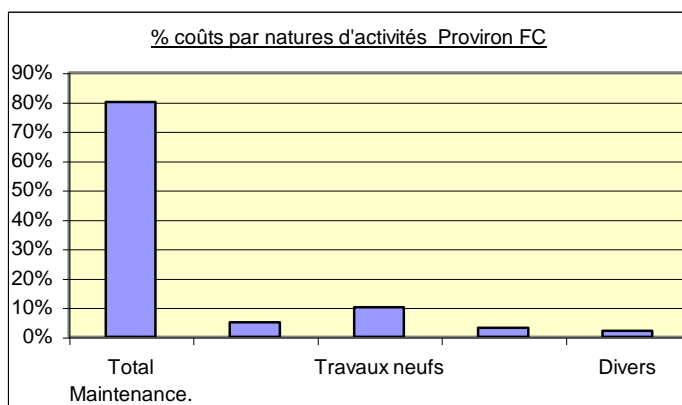
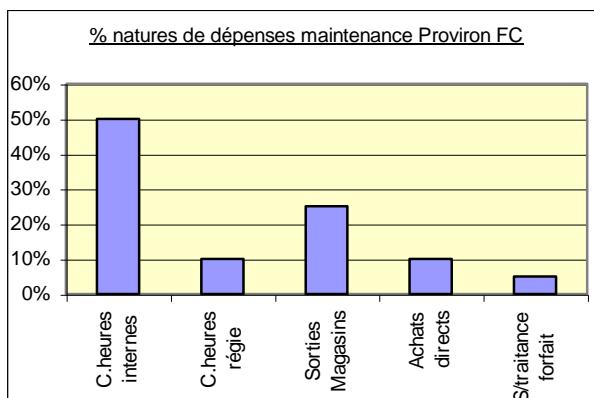
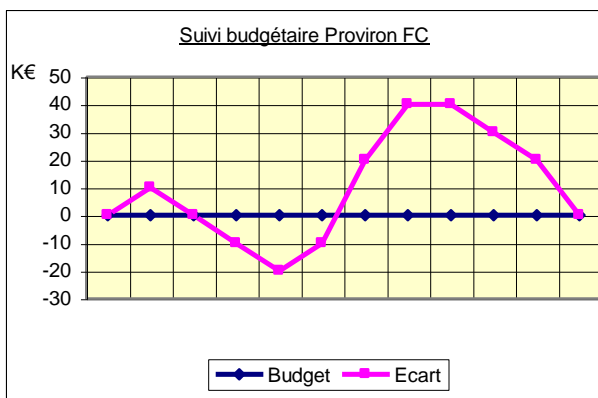


### Tableau de bord Secteur de fabrication

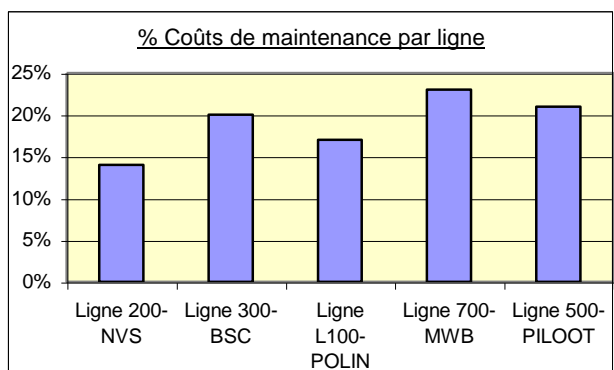
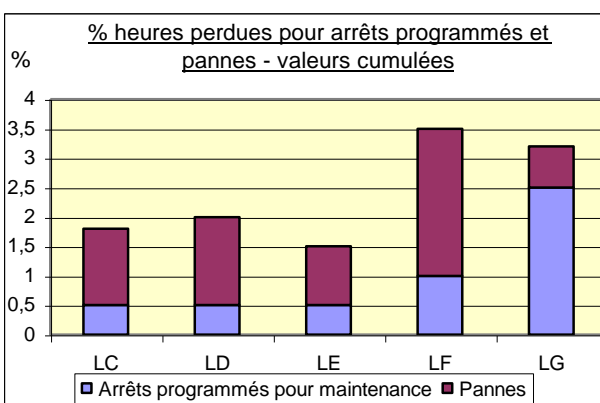
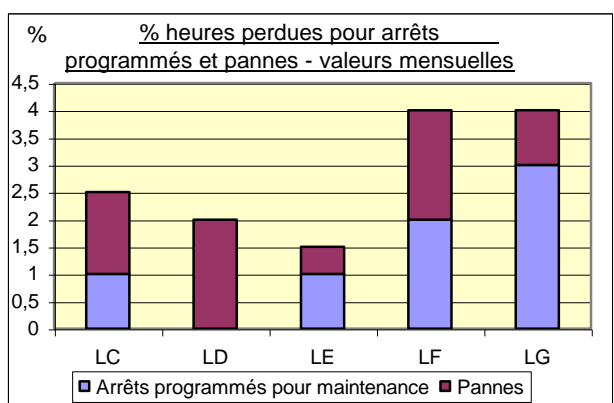
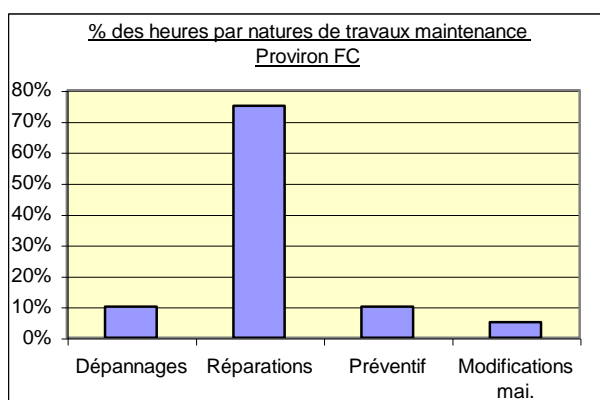
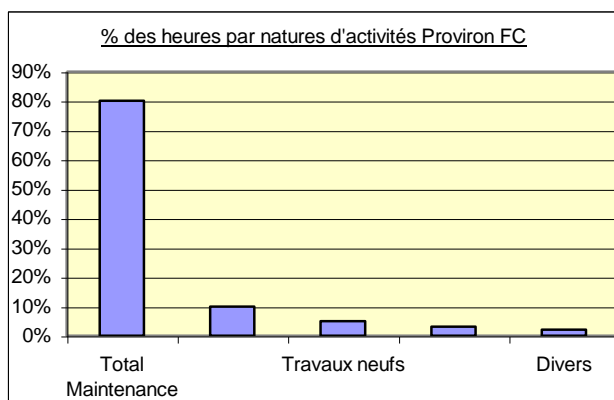
**PROVIRON FC**

Mois :

	Mois	Cumul année
Total des coûts K€		
Coût de Maintenance K€		



## Différents moyens d'organisation : Tableau de bord



## Tableaux et graphiques

### Feuille de relevés

Il s'agit d'un tableau servant à classer des données.

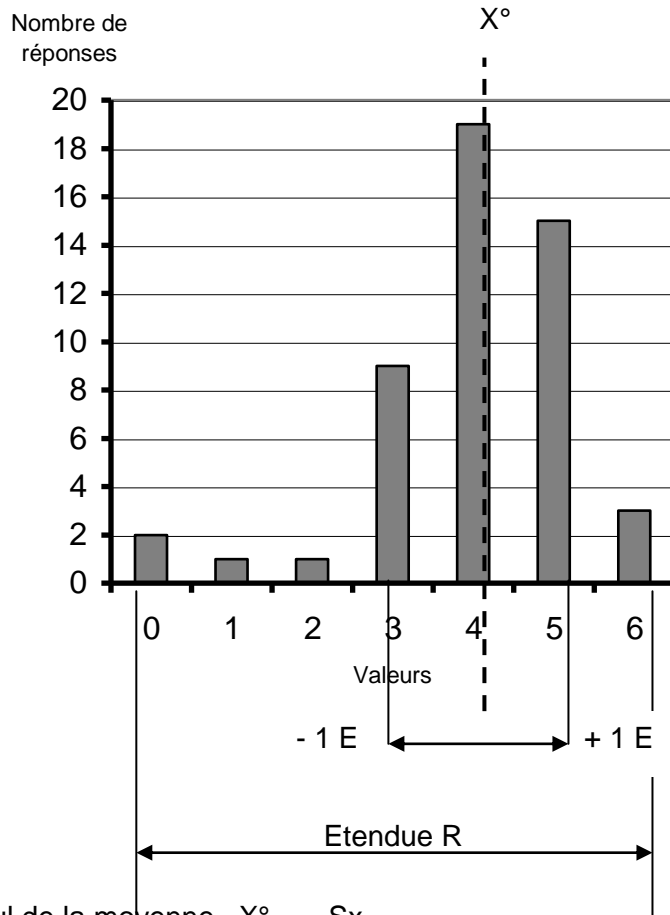
Fournisseurs	Chiffre d'affaires ( K € )				
	Janv.	Fev.	Mars	Total	Observations
A	30	28	25	83	Problème de qualité
B	2	3	4	9	En progression
C	6	14	8	28	Variable
Total	38	45	37	120	

### Histogramme

C'est un diagramme formé de rectangles dont les hauteurs sont proportionnelles à la fréquence du caractère observé.

La distribution présente trois caractéristiques principales :

- la moyenne  $X^{\circ}$  = valeur autour de laquelle sont distribuées les données.
- L'étendue  $R$  = écart entre la plus grande et la plus petite des valeurs relevées.
- L'écart type  $E$  = expression mesurant l'écart entre les valeurs et la moyenne.



- Calcul de la moyenne  $X^\circ = \frac{\sum X}{N}$
- Calcul de l'étendue  $R = X_{\max} - X_{\min}$
- Calcul de l'écart type  $E = \sqrt{\frac{\sum (X - X^\circ)^2}{N - 1}}$

Si l'histogramme est en forme de cloche ( on parle également dans ce cas d'une courbe de GAUSS ) :

- 68,3 % des valeurs relevées sont situées entre  $X^\circ - E$  et  $X^\circ + E$
- 95,5 % des valeurs relevées sont situées entre  $X^\circ - 2E$  et  $X^\circ + 2E$
- 99,7 % des valeurs relevées sont situées entre  $X^\circ - 3E$  et  $X^\circ + 3E$
- 

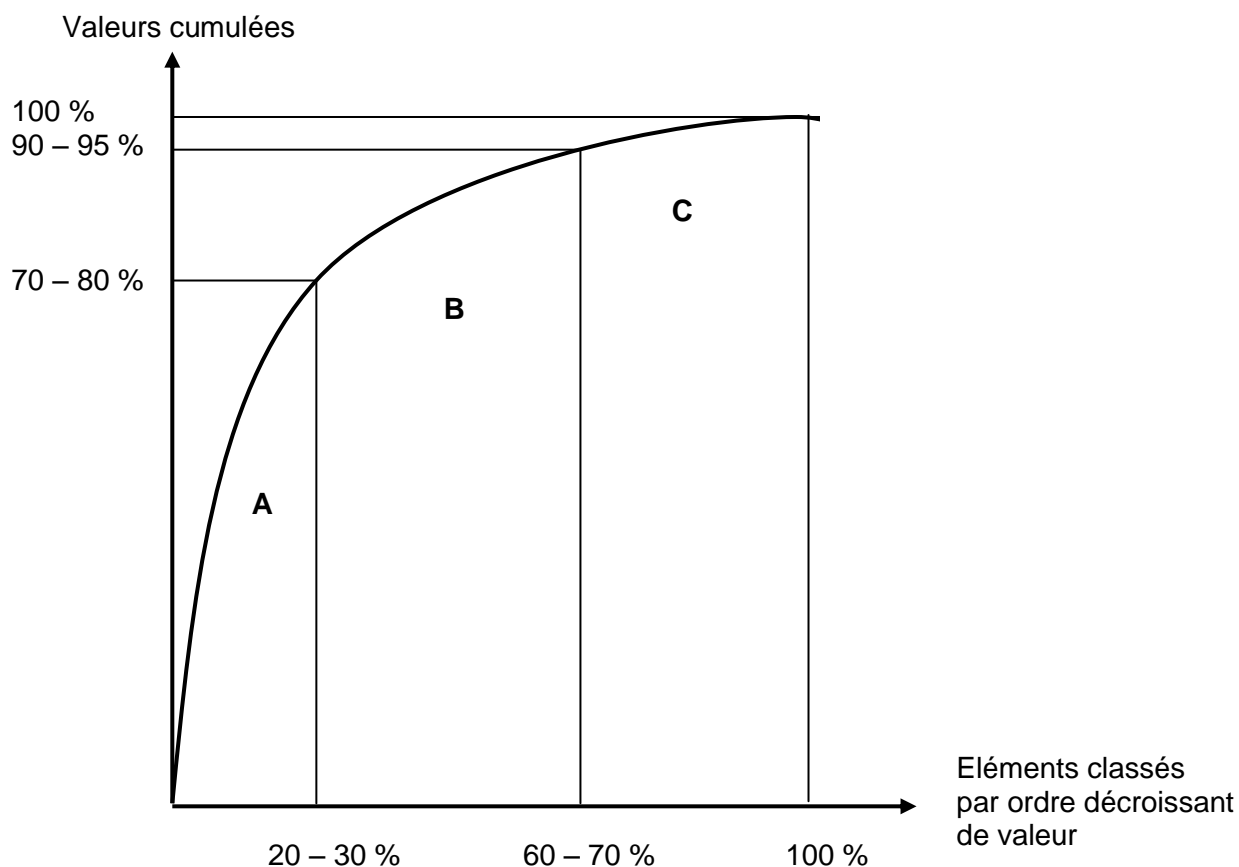
Les courbes de GAUSS sont notamment utilisées dans les calculs de composants.

Par exemple si un roulement est calculé pour 3000 heures, c'est en fait 3000 heures LB 10.

Cela signifie que 10 % des unités auront une durée de vie inférieure à 3000 h, et 90 % une durée de vie supérieure à 3000 h. La moyenne est souvent égale à 5 fois cette valeur.

## Diagramme de pareto

*C'est un type particulier d'histogramme où les rectangles sont classés selon des hauteurs décroissantes et à partir duquel on peut tracer une courbe de résultats cumulés. L'objectif est de faire apparaître l'importance relative des éléments constituant un événement ou un phénomène.*



**Le diagramme de Pareto** est aussi appelé **loi des 20 / 80**, ou **classement**

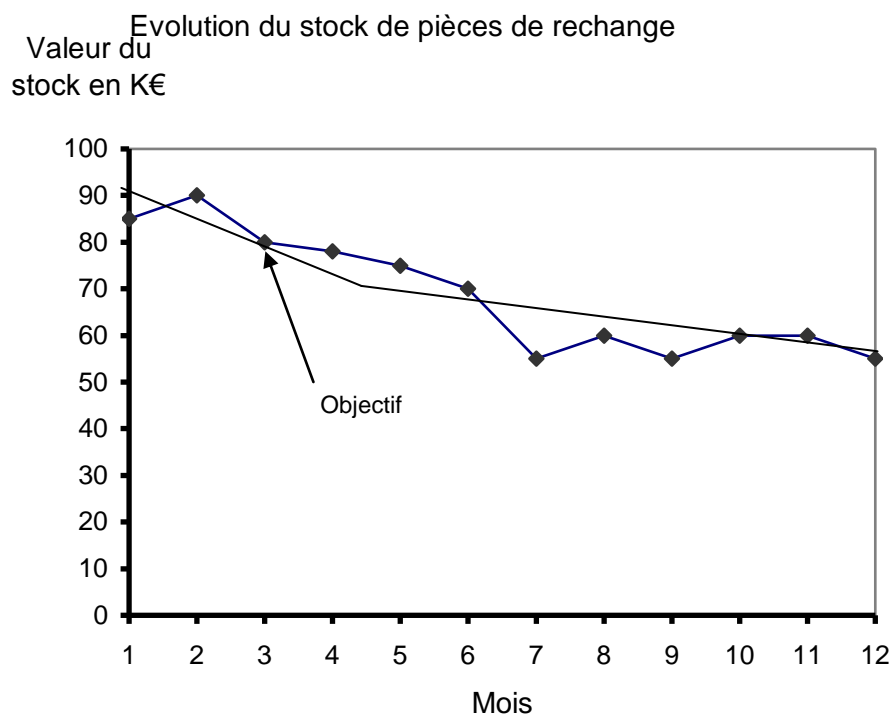
En effet, on constate très souvent que :

- 20 à 30 % des éléments les plus importants représentent 70 à 80 % des valeurs cumulées ;
- 60 à 70 % des éléments les plus importants représentent 90 à 95 % des valeurs cumulées.
- on peut de ce fait identifier 3 catégories de valeurs.

## Graphique d'activité

C'est la représentation de l'évolution d'un phénomène au cours du temps.

L'objectif est de montrer les tendance d'une activité ou d'un phénomène sur une période donnée. Il peut s'agir d'une tendance que l'on cherche à maîtriser. On parlera alors d'indicateur de performances associé à un objectif à atteindre.

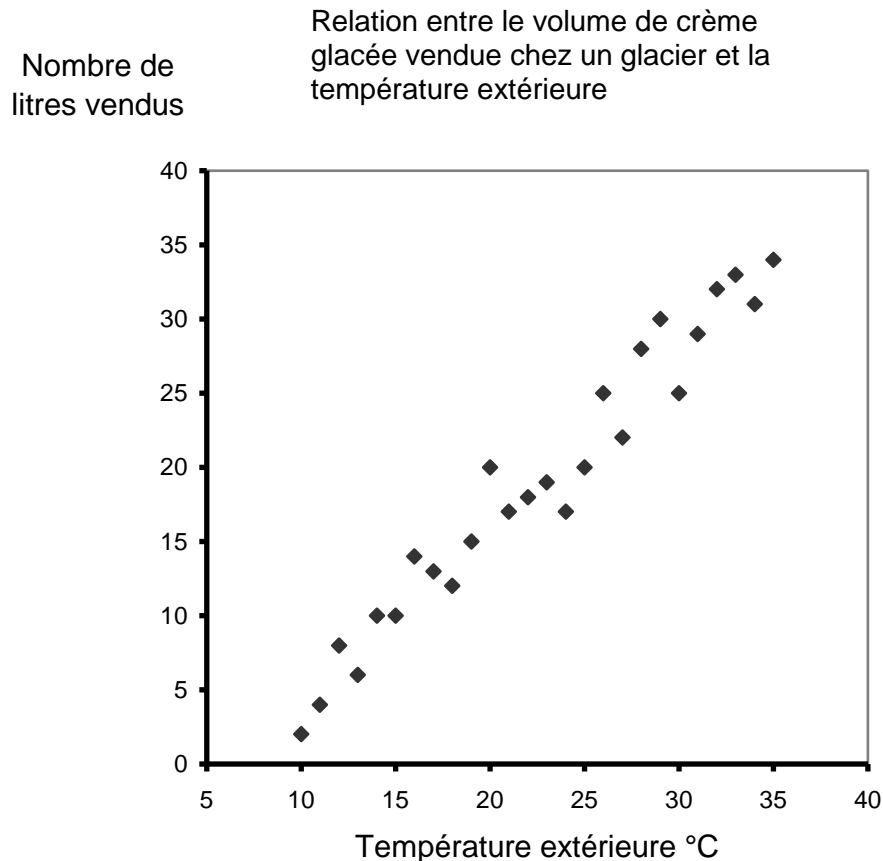


Note : il est parfois utile d'établir la moyenne glissante qui est la moyenne des relevés effectués sur une série de périodes. Elle est inscrite sur la dernière période de cette série.

### Diagramme de corrélation

C'est un diagramme montrant les variations éventuelles d'un paramètre en fonction des variations d'un autre paramètre. On l'appelle aussi diagramme de dispersion.

L'objectif est de déterminer s'il existe une relation de type cause-effet entre deux paramètres. En particulier, valider une cause supposée d'une conséquence observée.



Une forte corrélation permet de connaître l'évolution de Y à partir de celle de X.

Une faible corrélation ou une absence de corrélation peut amener :

- à découper le phénomène en sous-phénomènes pour lesquels il existe peut-être une forte corrélation,
- à rechercher d'autres paramètres « causes » pouvant conduire à la conséquence connue.

## Diagramme de GANTT

C'est un graphique à barres horizontales permettant de visualiser l'évolution d'un projet en fonction :

- de la durée de chaque tâche,
- des contraintes de positionnement des tâches les unes par rapport aux autres.

L'objectif est :

- déterminer le meilleur positionnement possible des différentes tâches d'un projet à réaliser, sur une période donnée,
- permettre le suivi de l'avancement d'un projet

THEMES		2003				2004												2005		Jrs X	Jrs Y
		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F		
ETUDES	Magasin et atelier																			30	5
	Secteurs																			20	
	Charte Maintenance																				4
	Descriptions de fonctions																				5
	Nomenclature fonctionnelle																				3
	Documentation technique																			60	4
	Circuit des travaux																				4
	Gestion du portefeuille des travaux																				
	Enregistrement des heures																				
	Préparation des travaux																				2
	Ordonnancement																				3
	Distribution du travail																				4
	Planification des arrêts programmés																				
	Maintenance préventive																				10
	Tableau de qualifications																				3
	Gestion des stocks																				3
	Suivi des réparations																				1
	Enregistrement des anomalies																				0,5
	Enregistrement des arrêts																				1,5
	Procédures achats																				
	Réunions Maint. / Fab.																				1
	Réunions internes																				
	Budget programme																				
FORMATION	Préalable																			6	8
	Rôle de la maîtrise																			2	
	Fonction Méthodes maintenance																			1	
	Préparation																			3	
	Planification																			1	
	Analyses causales																			2	2
G.T.	Harmonisation des méthodes																			10	
	Harmonisation des m.o. Fab.																			10	
ENGIN.	Nomenclature fonctionnelle																			120	
	Maintenance préventive																			100	
	Standardisation																			150	
	Identification des tuyauteries																			60	
Nombre de jours X		10	30	35	38	42	42	38	38	29	30	30	30	30	33	30	30	30	30	575	
Nombre de jours Y		16	16	15	12	5															64

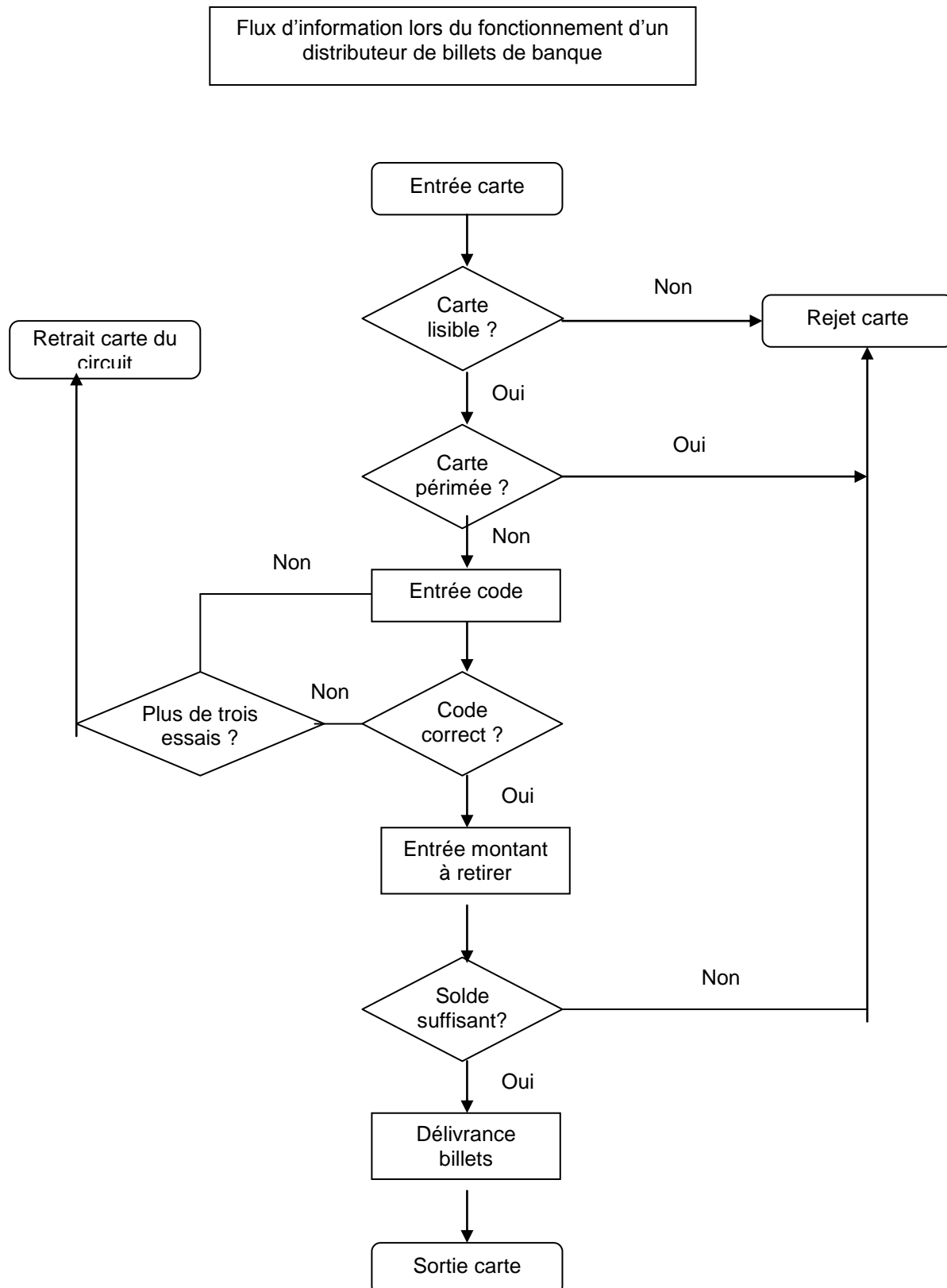


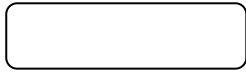
## Organigramme de flux

( ou logigramme )

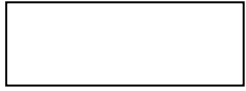
C'est un graphique montrant toutes les étapes d'un processus.

L'objectif est d'identifier, de façon précise, le circuit réel que suit un produit, un service ou une information.

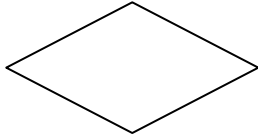




Départ ou arrivée



Etape du processus



Interrogation

## Réunions de coordination

Des réunions Fabrication / Maintenance sont à prévoir : chaque jour – par semaine ou par quinzaine – chaque trimestre – annuellement.

### Exemple :

En octobre

<b>REUNION ANNUELLE</b> : en octobre
<b>Entité concernée</b> : une réunion par Unité
<b>Participants :</b> Le Directeur de Fabrication L'Ingénieur de Fabrication Le Chef du service Maintenance Le Contremaître de Secteur Maintenance Le Contremaître EMR
<b>Objet :</b> La définition des objectifs pour le prochain exercice. L'évolution des méthodes, du programme et du budget de maintenance.  Le Chef du Service Maintenance conduit la réunion et rédige le compte-rendu

<b>REUNION ANNUELLE</b> : en janvier
<b>Entité concernée</b> : une réunion par Unité
<b>Participants :</b> Le Directeur de Fabrication L'Ingénieur de Fabrication Le Chef du service Maintenance Le Contremaître de Secteur Maintenance Le Contremaître EMP
<b>Objet :</b> L'examen des résultats de l'année précédente, notamment à travers les différents indicateurs mis en place. Une réflexion et des décisions d'orientations face aux problèmes qui ont pu survenir au cours de l'année précédente. Le Chef du service de Maintenance conduit la réunion. Le Contremaître de Secteur rédige le compte-rendu.

## Différents moyens d'organisation : Réunions de coordination

Chaque trimestre

REUNION TRIMESTRIELLE
<b>Entité concernée :</b> une réunion par Unité
<b>Participants :</b> Le Directeur de Fabrication L'Ingénieur de Fabrication Le Chef du service Maintenance Le Contremaître de Secteur Maintenance Le Contremaître EMR
<b>Objet :</b> Une éventuelle rectification des objectifs, donc du programme et du budget. L'analyse des coûts anormaux (points noirs) et des coûts élevés (points chauds et chers) Un bilan sur les études d'améliorations en cours.  Le Chef du service de Maintenance conduit la réunion. Le Contremaître de secteur rédige le compte-rendu.

Chaque jour

REUNION JOURNALIERE : 16 h
<b>Entité concernée :</b> une réunion par Unité
<b>Participants :</b> L'Ingénieur de Fabrication Le Chef du service Maintenance Le Contremaître de Secteur Maintenance Le Contremaître EMR
<b>Objet :</b> Le Contremaître de Secteur Maintenance présente les travaux prévus le lendemain ( connus sous Excel depuis le même jour à 14 h ) L'Ingénieur de Fabrication et les Contremaîtres de jour Fabrication établissent les procédures de sécurité. Le Contremaître de Secteur Maintenance présente éventuellement des remarques concernant les enregistrements de la Fabrication sur la feuille de relevé de pannes

Note : très souvent cette réunion a plutôt lieu le matin.

### Réunion hebdomadaire

<b>REUNION HEBDOMADAIRE</b> : réunion du jeudi prolongée
<b>Entité concernée</b> : une réunion par Unité
<b>Participants :</b> L'Ingénieur de Fabrication Le Chef du service Maintenance Le Contremaître de Secteur Maintenance Le Contremaître EMR
<b>Objet :</b>  Cette réunion prolonge la réunion quotidienne du jeudi. Le Contremaître de Secteur Maintenance présente les points importants et nécessitant des arrêts du programme prévisionnel de maintenance de la semaine suivante ( connus sous Excel )

# Maintenance préventive

Dans la définition de la maintenance préventive, nous incluons 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,
- les expertises, les opérations et les remplacements effectués à la suite des contrôles, visites, surveillances,
- les remplacements systématiques,
- la maintenance conditionnelle,
- La lubrification.

La maintenance préventive ne doit pas consister à dire à un agent de maintenance : « allez voir si l'état de tel organe est bon » (à travers une procédure quelconque) 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 pièce 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 d'un état, de manière à prévoir une intervention dans un délai raisonnable ( 1 à 2mois par ex.) et l'achat de la pièce de remplacement nécessaire ( dont on n'a pas besoin de tenir en stock, si le délai normal le permet )

Par ailleurs, comme pour sa propre voiture, il faut déterminer la fréquence de visite ou intervention de maintenance préventive suivant le taux d'usure ou d'utilisation ( heures de marche, tonnes produites...), quitte à reconvertir les fréquences en déclenchements calendaires si l'on est assuré d'une utilisation régulière du matériel concerné.

.

La maintenance préventive est certainement une méthode majeure dans la maintenance.

On distingue :

- ➔ La maintenance conditionnelle.
- ➔ La maintenance systématique.

## Maintenance conditionnelle

Définition Afnor : maintenance subordonnée à un type d'événement prédéterminé ( auto diagnostic, information d'un capteur, mesure...)

La maintenance conditionnelle permet d'assurer le suivi en continu du matériel en service, et la décision d'intervention est prise lorsqu'il y a évidence expérimentale de défaut imminent, ou approche d'un seuil de dégradation prédéterminé.

Les mêmes outils peuvent être utilisés en maintenance conditionnelle et en maintenance systématique : l'exemple typique est celui des mesures et analyses de vibrations.

### Conditions de mise en place

Deux conditions sont nécessaires :

- que le matériel s'y prête : existence d'une dégradation progressive et détectable,
- que le matériel soit suffisamment critique pour mériter cette forme de maintenance préventive qui est coûteuse.

### Choix des paramètres mesurables

Les paramètres mesurables sont nombreux :

- pressions,
- débits,
- températures,
- niveau de vibrations et de bruits,
- fréquence de vibration,
- teneurs en résidus d'usure pour les lubrifiants,
- signatures électriques et magnétiques,
- extensométrie,
- etc.

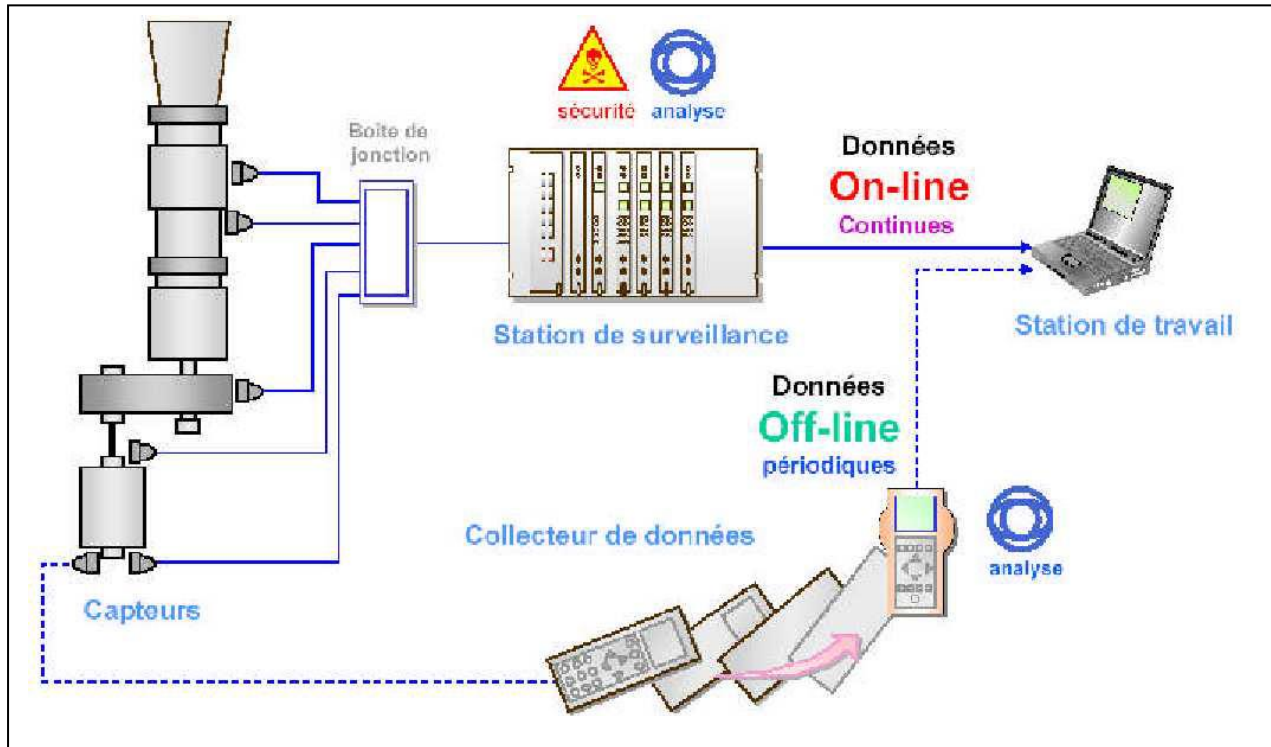
### Détermination des seuils

Il est nécessaire de fixer un seuil d'alarme avant le seuil d'admissibilité. Une période d'expérimentation est nécessaire pour fixer ces seuils, en particulier le seuil d'admissibilité au-delà duquel un arrêt de fonctionnement s'impose.

## Mesure et analyse de vibrations

En maintenance conditionnelle l'exemple le plus typique est celui des mesures et analyses de vibrations.

Des capteurs sont fixés sur les zones à surveiller ; les câblages passent par un transmetteur et les informations sont envoyées en continu à un point de surveillance qui peut être le pupitre d'un opérateur ou un écran spécifique en maintenance. Il y a généralement une ou deux alarmes (« alerte » + « danger »). Suivant le nombre de capteurs il y a simplement alarme, ou on peut faire une analyse spectrale à distance ( ce qui est le plus intéressant lorsque l'équipement est difficile d'accès ou qu'il est éloigné du point de contrôle ).



- On-line : il s'agit là de maintenance conditionnelle.
- Off-line : c'est de la maintenance systématique car les contrôles sont périodiques, bien que le moyen de base soit le même (mesure de vibrations).

Le câblage peut être interne à l'entreprise, ou le réseau téléphonique, ou on peut utiliser une liaison par satellite (solution utilisée par certaines plateformes pétrolières).

Notons que très souvent on double le suivi vibratoire par un suivi de température.

Un roulement peu graissé va commencer par engendrer des vibrations, mais un roulement trop graissé va chauffer et bleuir. Le résultat sera le même : des écaillages et une détérioration.

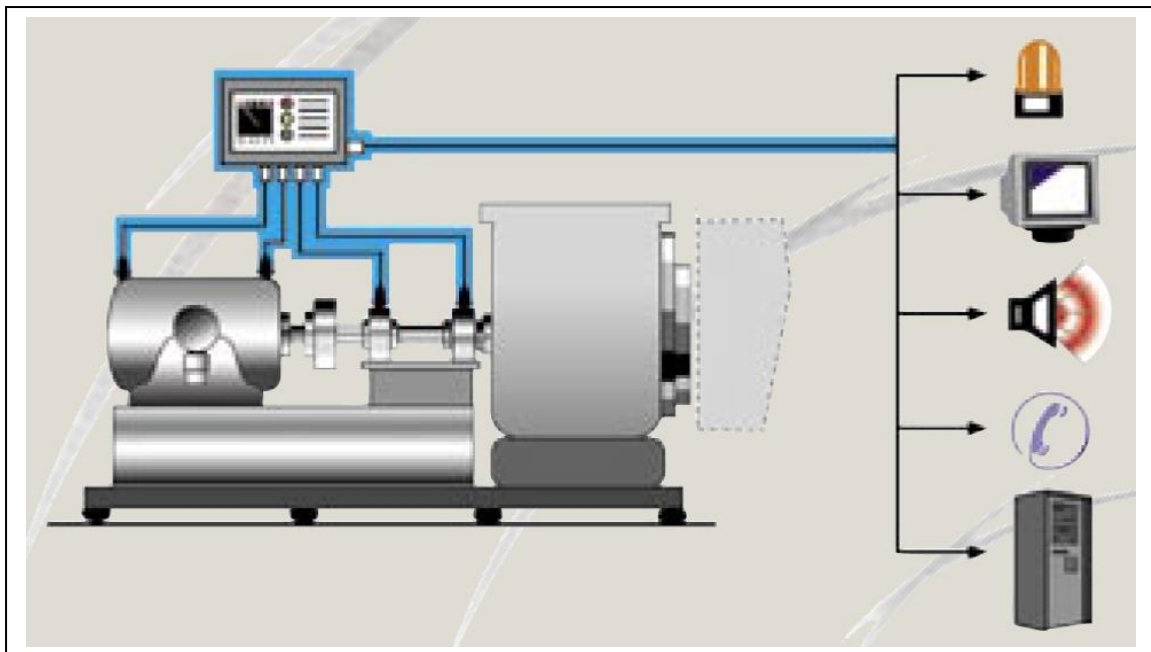


### Suivi de roulements peu accessibles

Il existe parfois des applications où les roulements ne sont pas accessibles en marche. pour les contrôles classiques.

Le *MECASON* est inspiré du "mécano" qui utilise un tournevis collé à l'oreille appuyé sur la surface de la machine pour écouter les bruits internes.

Intégrant des capteurs acoustiques spécialement conçus pour cet usage, installés en permanence sur la surface de la machine et positionnés aussi proche que possible des organes mécaniques à surveiller (roulement, pignon, clapet, etc.), *MECASON* écoute et quantifie en continu le bruit interne émis par les organes essentiels de votre machine, signalant la dérive, bien avant la panne. Ainsi, mieux que de détecter l'approche d'une défaillance mécanique, le système permet généralement d'éviter la détérioration en suscitant une opération de maintenance précoce.



Le système met sous écoute permanente les machines, pour un budget compatible avec des machines de la centaine de kW et même moins. Surfranchissement de seuils, celui-ci vous invitera à effectuer une visite et probablement une intervention, une des machines "ne tournant pas comme d'habitude".

Il permet ainsi de limiter les interventions systématiques et surtout d'agir dès que nécessaire afin d'éviter la panne, et même généralement la dégradation.

Pour contrôler tous les points critiques d'une même machine, le boîtier électronique *MECASON* dispose de huit entrées. La surveillance est assurée par scrutation cyclique des différents capteurs.

Il existe des systèmes semblables avec accéléromètres (IFM par exemple).

### **Suivi des températures**

Il existe de multiples moyens de suivre les températures par contact ou non.

En maintenance conditionnelle, le moyen le plus connu est le suivi de température sur moteur. Cela devrait être prévu sur tous les moteurs difficiles d'accès en marche.

Citons également le suivi de température par infra-rouge des boîtes d'essieux sur les lignes ferroviaires. Pour les TGV des systèmes informatiques permettent de suivre l'évolution dans le temps des boîtes d'essieux de chaque rame.

## Maintenance systématique

	Page
<b>Préalables.....</b>	<b>187</b>
<b>Schéma logique de maintenance préventive.....</b>	<b>190</b>
<b>Plan de maintenance préventive.....</b>	<b>191</b>
<b>Gammes de maintenance préventive.....</b>	<b>194</b>
<b>Planification.....</b>	<b>197</b>
<b>Réalisation.....</b>	<b>199</b>

## Préalables

### → Sélectivité

Comme dans tout domaine il convient de faire de la sélectivité en maintenance préventive. Afin de ne pas surveiller inutilement des machines qui n'ont pas une importance capitale, on établit souvent le classement suivant.

- Machines **Vitales** : machines non doublées dont la panne entraîne l'arrêt de la production. Les frais et les délais de remise en état sont importants. Les pertes de production sont inacceptables.
- Machines **Importantes** : machines doublées ou non dont la panne entraîne une baisse sensible de production. Les frais et délais de remise en état sont importants . Les pertes de production aussi.
- Machines **Secondaires** : machines doublées ou dont une panne ne remet pas en cause les capacités de production.

### → Maintenance préventive sensorielle, ou « audio-visuelle »

Ils sont connus ces rats du métier qui disent flegmatiquement en passant à côté d'une machine « Il faudrait jeter un p'tit coup d'œil ici ». Mais il est vrai que cette perception humaine – **voir, écouter, toucher, sentir** – tend à disparaître avec les systèmes de gestions informatiques modernes. Comment en effet résumer le sensoriel dans ce genre de système ? Ces contrôles peuvent être réalisés par des mécaniciens et des électriciens, ou par des graisseurs qui connaissent bien, en principe, le bruit des paliers.

Avec l'expérience, nous avons découvert que ces contrôles sensoriels sont les plus importants. Si l'on ne veut faire qu'un minimum de maintenance préventive il faut alors au moins :

✚ Avoir une visite journalière d'une heure par un mécanicien, un électricien et peut-être un graisseur. Ces hommes doivent être toujours les mêmes.

✚ Veiller à bien identifier toutes les anomalies en marche deux ou trois jours avant un arrêt technique.

Bien sûr, si l'on réalise un plan de maintenance préventive complet, il faut garder ces contrôles quotidiens.

### → Nomenclature fonctionnelle

D'une manière générale, le classement du matériel est fonctionnel au regard de l'exploitation ; il se superpose avec les imputations comptables.

C'est au dernier niveau que sont définies les opérations de maintenance préventive ainsi que les pièces de rechange.

Note : dans les grosses usines, on peut intercaler la notion de SECTEUR entre USINE et ATELIER.

**Atelier, Section ou Centre de frais**

Le niveau de nomenclature correspond à une imputation comptable (de ce fait, grâce à la nomenclature, le coût de maintenance peut être imputé directement au prix de revient).

### **Chaîne d'Exploitation**

Une chaîne d'exploitation est un ensemble homogène d'installations, machines et appareils dont l'usure ou la diminution de rendement est fonction du même nombre d'unités mises en œuvre (ou d'une fraction constante de cette quantité) dont l'unité caractérise le mieux l'utilisation (heures de marche, pièces, tonnes, etc.)

Ce classement par chaînes d'exploitation permet :

- de séparer les coûts fixes (matériels dont l'usure est liée au temps calendaire) des coûts variables (matériels dont l'usure est liée à l'utilisation), dans le domaine de la maintenance,
- de simplifier le suivi de l'utilisation du matériel,
- d'adapter la maintenance à cette utilisation (notamment la maintenance préventive),
- de faciliter la coordination et le regroupement des travaux lors d'un arrêt.

### **Unité d'intervention**

Une unité d'intervention (communément appelée U.I.) est un ensemble d'organes ou d'appareils qui concourant à une fonction complète, mais limitée, de production.

En principe, une unité d'intervention comprend :

- Un organe de commande.
- Un organe moteur.
- Une transmission.
- Un organes, ou sous-ensemble de fonction.
- Des organes d'asservissement, de régulation et de contrôle (sauf dans le cas d'un asservissement d'une chaîne d'exploitation : dans ce cas, on fait une UI spécifique).

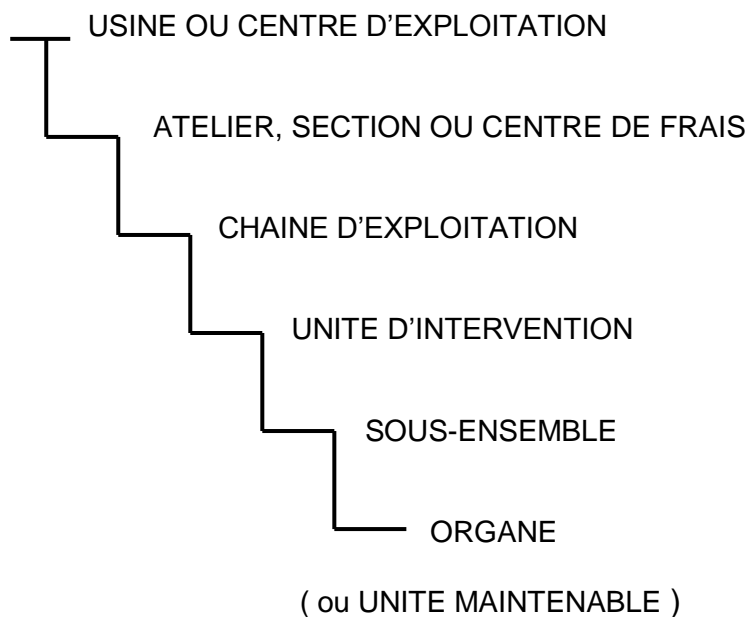
En général :

- le suivi des historiques et des coûts est fait au niveau des UI (le regroupement des coûts étant fait ensuite au niveau des chaînes d'exploitation et ateliers ou sections),
- les dossiers techniques sont faits par UI type.

### **Sous-ensemble et Organe**

Ce sont des parties d'unités d'intervention. Leur identification permet de réaliser certains suivis et analyses techniques.

C'est à ce niveau que sont définies les opérations de maintenance préventive ?



### → Participation

Nos travaux dans de multiples entreprises, en France et à l'étranger, nous ont montré que c'est une erreur de vouloir faire participer tout le personnel de maintenance à la maintenance préventive.

Les 2 principales raisons, que nous avons découvertes, sont :

- Les techniciens et ouvriers (surtout mécaniciens) n'aiment pas remplir de rapports.
- Il est essentiel que le « visiteur » connaisse bien le matériel : son comportement, son niveau de bruit habituel, sa température, ses anomalies les plus courantes.

Sur ce plan, notre recommandation assez forte est :

- Un visiteur (partiel ou plusieurs) mécanicien attitré.
- Un visiteur (partiel ou plusieurs) électricien attitré.
- Eventuellement un visiteur graisseur attitré.

De ce fait, il ne faut pas avoir des gammes avec des photos de parties d'équipements, puisque les visiteurs connaissent très bien la technique et le matériel.

### → Responsabilisation

On pense parfois qu'il faut responsabiliser les ouvriers et techniciens en les laissant décider de ce qu'il faut contrôler sur un équipement. C'est un mauvais choix ; au contraire il faut être précis pour deux raisons :

- le principe même de la maintenance prédictive exige que l'on identifie chaque anomalie potentielle et que l'on suive son évolution ;
- très généralement, les ouvriers et techniciens demandent que l'on soit précis.

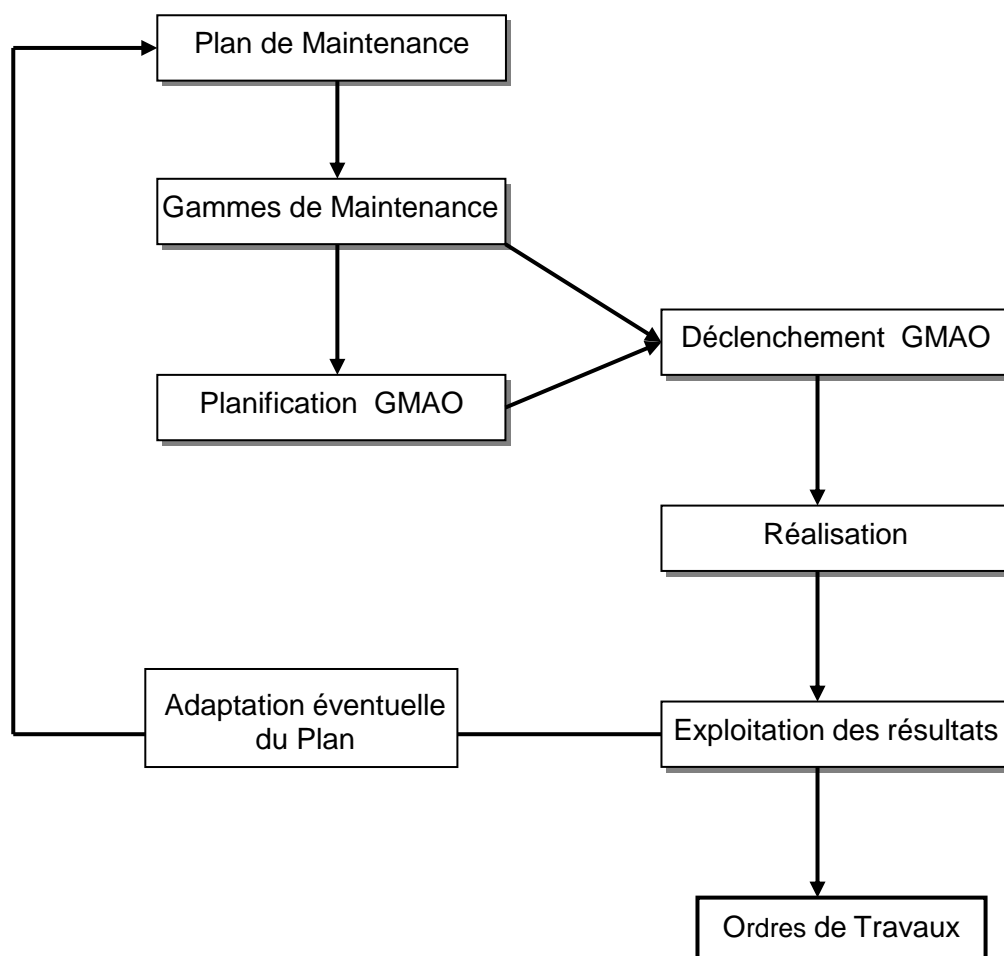
### → Choix des moyens

Avant de commencer, il est bien sûr nécessaire de décider quels moyens de contrôles non destructifs on va éventuellement utiliser.

### → Décision sur les arrêts techniques

Avant de commencer de réaliser le plan de maintenance préventif, il y a intérêt à examiner toutes les possibilités d'arrêts techniques car certains contrôles doivent être faits à l'arrêt de même que les réparations. Il faut utiliser toutes les possibilités offertes par l'exploitation : changements d'outillages, nettoyages, etc..

### Schema logique de maintenance préventive



Dans la définition de la maintenance préventive, nous incluons 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 évènements, et donc subie par la Maintenance.

La maintenance préventive comprend :

- les contrôles ou visites,
- les expertises, les opérations et les remplacements effectués à la suite des contrôles, visites, surveillances.
- les remplacements systématiques,
- la maintenance conditionnelle,
- la lubrification-graissage,
- le nettoyage.
-

## Plan de maintenance préventive

Nous proposons la mise en place de la forme moderne de maintenance préventive : la **Maintenance Prédictive** :

» On détermine l'état d'un organe par une visite faite selon un échéancier défini.

L'état est mesuré par une valeur ( épaisseur, température, intensité, etc.) ou par une appréciation visuelle :

1. RAS
2. Début de dégradation
3. Dégradation avancée
4. Danger

Il comprend également les opérations de lubrification.

Ce plan de maintenance préventive est établi avec le **tableur Excel**. On peut parfois un plan de maintenance mécanique et un plan de maintenance électrique suivant l'organisation de l'entreprise.

Le Plan de Maintenance Préventive est à la fois :

- Un document de travail : c'est l'outil qui permet de lister les opérations de maintenance préventive en passant en revue systématiquement tous les organes concernés.
- Un document de synthèse, car il rassemble d'une manière permanente toutes opérations de maintenance préventive, indépendamment des documents de réalisation.

Dans l'ordre de la nomenclature du matériel, le plan de maintenance définit par unité maintenable ( organe ou ensemble d'organes ) les opérations à réaliser :

- ✓ Descriptif de chaque opération ( mesurer – contrôler – évaluer – faire ) ; dans les opérations sont compris le graissage, les nettoyages.
- ✓ Valeur de référence éventuellement
- ✓ Situation du matériel ( Marche – Arrêt )
- ✓ Périodicité ou Intervalle calendaire
- ✓ Durée
- ✓ Corps de métier (dont les opérateurs)
- ✓ Nombre d'intervenants
- ✓ Consignes de sécurité
- ✓ Mode opératoire éventuellement

Pour l'organisation il est souhaitable que :

Chaque périodicité soit un multiple de la périodicité inférieure ( ex : 600 – 1800 – 3600 – 7200 h ) dans l'année.

Ou mieux que chaque intervalle calendaire soit multiple de l'intervalle inférieur ( ex : 1 jour, 1 sem, 2 sem. 1 mois, 3 mois, 6 mois, 12 mois )

Nous proposons des standards de maintenance préventive pour des organes types, ce qui permet de gagner beaucoup de temps dans l'établissement du Plan.

Nous vous proposons ci-après des standards de maintenance préventive pour des organes types.

- ✓ Ces standards sont établis pour une dureté de service moyenne ; si elle était élevée il faudrait alors diminuer les périodicités.
- ✓ Les périodicités sont calendaires ; elles pourraient être converties en taux d'usure ( heures de marche ou nombres d'unités produites) en considérant que 1 an équivaut à 7 000 heures ( avec un taux de 20 % d'arrêts divers par an).



✓ Les significations des différentes abréviations sont les suivantes :

**I** : .....c'est le type d'intervention (visite ), soit :

**V** : mesurer d'une valeur (jeu, dB, vibration, T°C,...)

**E** : estimation d'un état, soit : 1 = RAS

2 = début de dégradation

3 = dégradation avancée

4 = danger

**C** : contrôle ; exemple contrôle d'un accouplement : on démonte et on vérifie l'état des tampons que l'on remplace immédiatement si nécessaire.

**F** : il s'agit de « faire » ; exemples : graisser, vidanger, remplacer, etc.

**Csg** : .....cela concerne la consignation nécessaire, soit :

**E** : consignation électrique ;

**H** : consignation hydraulique (en plus de la consignation électrique)

**M** : consignation mécanique (en plus de la consignation électrique)

**P** : consignation pneumatique (en plus de la consignation électrique)

**Min** : .....temps net en minutes pour l'opération ; une majoration pour déplacements est ajoutée quand toutes les opérations sont entrées dans la gamme.

**Nb** : .....nombre d'intervenants.

**Mét.** : ....corps de métiers, soit pour les gammes suivantes :

**ME** ou **EM** : mécanicien ou électromécanicien

**VS** : technicien spécialisé pour certains CND comme mesures de vibrations, suivis des analyses d'huile, mesures avec appareils US, etc.

**FA** : opérateur ou rondier de fabrication

**GR** : graisseur

**SP** : spécialiste

**RE** : technicien de régulation (instrumentiste)

**AG** : organisme agréé

**EL** : électricien

**APM** : intervention à l'**Arrêt**, en **Marche** ou en **Arrêt Partiel** (pendant un changement d'outillage par exemple)

**Périod.** : nombre de semaines, mois ou années (toujours sous-multiples ou multiples de 12 mois, pour pouvoir reconduire les plannings annuels.

**U** : .....semaine, mois, ou année.

PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE : MPS												
N°	Opérations	Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Péri.	U	Fiche	
	<b>Chariot de compression</b>											
	<b>Guide du poussoir</b>											
	Contrôler l'étanchéité du motoréducteur		C	E	1	1	ME	A	1	M		1MEA1M
	Vidanger le réducteur		F	E		1	GR	A	1	A		1GRA1A
	Moteur : vérifier la plaque à bornes et les connexions.	M	C	E	10	1	EL	A	2	A		1ELA2A
	Moteur : mesurer le niveau de bruit des roulements	< 65 db	V		5	1	ME	M	3	M		1MEM3M
	Moteur : vérifier l'état (propreté carcasse/grille) souffler nettoyer.		C	E	10	1	EL	A	3	M		1ELA3M
	Evaluer l'usure des chaînes 1/2"		E	E	3	1	ME	A	3	M		1MEA3M
	Graisser les chaînes 1/2"						GR					GR
	Graisser les paliers		F				GR					GR
	Contrôler les paliers linéaires		F	E	3	1	ME	A	3	M		1MEA3M
	Graisser les paliers linéaires						GR					GR
	Contrôler les roues de guidage		C	E	3	1	ME	A	3	M		1MEA3M
	Vérifier s'il n'y a pas de bruit inhabituel, si les mouvements sont sans saccade		C		1	1	ME	M	1	M		1MEM1M
	<b>Poussoir</b>											
	Contrôler l'étanchéité du motoréducteur		C	E	1	1	ME	A	1	M		1MEA1M
	Vidanger le réducteur		F	E		1	GR	A	1	A		1GRA1A
	Moteur : vérifier la plaque à bornes et les connexions.	M	C	E	10	1	EL	A	2	A		1ELA2A
	Moteur : mesurer le niveau de bruit des roulements	< 65 db	V		5	1	ME	M	3	M		1MEM3M
	Moteur : vérifier l'état (propreté carcasse/grille) souffler nettoyer.		C	E	10	1	EL	A	3	M		1ELA3M
	Courroies crantées AT20-50 : contrôler la tension et régler si nécessaire.		C	E	4	1	ME	A	1	M		1MEA1M
	Courroies crantées AT20-50 : évaluer l'usure.		E	E	2	1	ME	A	1	M		1MEA1M
	Graisser les paliers		F				GR					GR
	Contrôler les roues de guidage		C	E	3	1	ME	A	1	M		1MEA1M
	Evaluer l'état des butées caoutchouc (4)		E	E	3	1	ME	A	3	M		1MEA3M
	Contrôler l'usure des guides		E	E	3	1	ME	A	3	M		1MEA3M
	Vérifier s'il n'y a pas de bruit inhabituel, si les mouvements sont		C		1	1	MF	M	1	M		1MEM1M

## Gammes de maintenance préventive

Une gamme de maintenance est établie à partir du plan de maintenance préventive en faisant un « copier-coller » des opérations :

- de même périodicité ou intervalle calendaire,
- à faire dans la même situation du matériel ( marche ou arrêt )
- par un même corps de métier,
- avec un même nombre de personnes.

A chaque fois le numéro de la gamme est inscrit dans la colonne « fiche ».

En général, on fait en sorte que la durée d'une gamme corresponde à celle d'un arrêt programmé, ou à la journée de travail, ou demi-journée de travail ( afin de bien occuper le personnel ) pour une réalisation par du personnel de maintenance.

Mais attention, le total des temps calculés de la gamme doit être majoré pour tenir compte des déplacements entre opérations (0% pour une opérations, 10 à 20% pour plusieurs opérations).

La forme de gamme que nous proposons est en format paysage ; elle est vraiment prévue pour de la maintenance prédictive. En effet on peut suivre un état dans le temps, avec 8 colonnes.

-----

Si le plan de maintenance préventive est important, on peut demander à un informaticien connaissant bien Excel de faire un programme pour créer les gammes automatiquement à partir du Plan. Mais ce travail informatique demande du temps.

M04	N°	Périod.	M/A	Pers.		Hrs	Nom		Quand les transferts sont faits et que l'on a calculé le temps pour la gamme, on doit masquer les 7 Colonnes ci-après pour obtenir la gamme sous sa forme définitive (page suivante).												
	M04	3M	A	1	ME	2	Temps en hrs														
GAMME PREVENTIVE						Atelier MPS		Jour													
								Mois . An													
N°	Opérations						Valeur	I	Csg	Min	Nb	Mét.	APM	Péri.	U						
1	Mettre la machine en sécurité et placer son cadenas. Prévenir l'opérateue.																				
5																					
6																					
4																					
5	MACHINE MULTIPACK 3																				
6	Convoyeur d'entrée et croix de retournement N°101 et 102																				
7	Contrôler l'état des rouleaux							E	E	2	1	ME	A	3	M						
8	Convoyeur à butées N°103																				
9	Evaluer l'usure des bandes							E	E	2	1	ME	A	3	M						
10	Evaluer la tension des bandes							C	E	2	1	ME	A	3	M						
11	Convoyeur à butées N°104																				
12	Evaluer l'usure des bandes							E	E	2	1	ME	A	3	M						
13	Evaluer la tension des bandes							C	E	2	1	ME	A	3	M						
14	Accumulateur																				
15	Convoyeur 105																				
16	Evaluer l'usure de la bande							E	E	2	1	ME	A	3	M						
17	Evaluer la tension de la bande							C	E	2	1	ME	A	3	M						
18	Contrôler l'état des rouleaux							C	E	2	1	ME	A	3	M						
19	Bandes supérieures N°108																				
20	Evaluer l'usure des bandes							E	E	2	1	ME	A	3	M						
21	Evaluer la tension de la bande							C	E	2	1	ME	A	3	M						
22	Contrôler les roues de guidage des bandes : usure et position							C	E	4	1	ME	A	3	M						
23	Contrôler les roues de guidage en PUR, et régler le jeu si néc par excentrique							C	E	4	1	ME	A	3	M						
24	Poussoir d'alimentation N°109																				
25	Evaluer l'usure de la bande							E	E	2	1	ME	A	3	M						
26	Evaluer la tension de la bande							C	E	2	1	ME	A	3	M						
27	Contrôler les roues de guidage montée/descente (12)							C	E	4	1	ME	A	3	M						
28	Contrôler l'usure des guides							C	E	4	1	ME	A	3	M						
Si I=V ; Noter la valeur																					
Si I=F : 1 = Travail effectué 4 = Travail à faire																					
Si I = E : 1 = RAS 2 = Début de dégradation 3 = Dégradation avancée 4 = Intervention immédiate																					
Si I = C : 1 = Vu 2 = Remise en état à prévoir 4 = Urgence																					

		N°	Périod.	M/A	Pers.		Hrs			Nom								
		M04	3M	A	1	ME	2			Temps en hrs								
GAMME PREVENTIVE							Atelier MPS			Jour								
										Mois . An								
N°	Opérations								Valeur	I								
1	Mettre la machine en sécurité et placer son cadenas. Prévenir l'opérateue.																	
5																		
6																		
4																		
5	MACHINE MULTIPACK 3																	
6	Convoyeur d'entrée et croix de retournement N°101 et 102																	
7	Contrôler l'état des rouleaux									E								
8	Convoyeur à butées N°103																	
9	Evaluer l'usure des bandes									E								
10	Evaluer la tension des bandes									C								
11	Convoyeur à butées N°104																	
12	Evaluer l'usure des bandes									E								
13	Evaluer la tension des bandes									C								
14	Accumulateur																	
15	Convoyeur 105																	
16	Evaluer l'usure de la bande									E								
17	Evaluer la tension de la bande									C								
18	Contrôler l'état des rouleaux									C								
19	Bandes supérieures N°108																	
20	Evaluer l'usure des bandes									E								
21	Evaluer la tension de la bande									C								
22	Contrôler les roues de guidage des bandes : usure et position									C								
23	Contrôler les roues de guidage en PUR, et régler le jeu si néc par excentrique									C								
24	Poussoir d'alimentation N°109																	
25	Evaluer l'usure de la bande									E								
26	Evaluer la tension de la bande									C								
27	Contrôler les roues de guidage montée/descente (12)									C								
28	Contrôler l'usure des guides									C								
Si I=V ; Noter la valeur																		
Si I=F : 1 = Travail effectué 4 = Travail à faire																		
Si I = E : 1 = RAS 2 = Début de dégradation 3 = Dégradation avancée 4 = Intervention immédiate																		
Si I = C : 1 = Vu 2 = Remise en état à prévoir 4 = Urgence																		

### **Planification**

Pour le matériel fixe dont l'utilisation est constante, il y a un grand intérêt à donner des périodicités calendaires.

De ce fait, on peut alors réaliser des plannings pour lisser la charge. Il ne faut pas oublier que souvent la mise en œuvre de la maintenance préventive ne se fait pas bien pour des raisons de disponibilité de personnel opérationnel.

Si l'on a veillé à ce que les périodicités soient des sous-multiples ou multiples de 12 mois, on peut avoir des plannings qui se reconduisent d'année en année.

Pour la réalisation d'un planning il faut commencer par les gammes de faible périodicité (1sem, 1 mois), puis placer les gammes de plus grande périodicité jusqu'à 12 mois. Les gammes de plus de 1 an sont notées sur le côté pour mémoire.

N° FICHE	Périodicité	M/A	NB	Métier	Durée hrs	Voir colonne BK	PLANNING PREVENTIF ELO 1- ANNEE :																											
							SEMAINES																											
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
0																																		
01	1A	A	1	EL	7																													
02	1A	A	1	EL	6																													
03	1A	A	1	EL	6																													
04	1A	A	1	EL	7,5																													
05	1A	A	1	EL	3,5			3																										
06	4 M	A	1	EL	2,5					3											3													
07	4 M	A	1	EL	2						2														2									
08	2 S	A	1	EL	3,5		3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5						
09	2 S	A	1	EL	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
10	2 M	A	1	EL	2		2				2						2										2							
11	2 M	A	1	EL	1			1				1							1															
12	6 M	A	1	EL	2,5								3																					
13	6 M	A	1	EL	6,5		1									7																		
14	6 M	A	1	EL	2												2																	
15	3A	A	1	EL	4																													
16																																		
17																																		
21	3M	M	1	ME	4				4											4														
22	3M	M	1	ME	3			3									3																	
23	2S	M	1	ME	1,5		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1							
24	1A	A	1	ME	2			2																										
25	1A	A	1	ME	8								8																					
26	1A	A	1	ME	7														7															
27	1A	A	1	ME	8																													
28	1A	A	1	ME	8																													
29	1A	A	1	ME	7																													
30	3 M	M	1	ME	2		2										2																	
31	2A	A	1	ME	8	X																												

## Réalisation

### Etude

L'étude du plan et des fiches de maintenance doit être faite par des hommes connaissant bien la maintenance d'une part, le type de matériel concerné.

Ce sont des hommes de niveau minimum BTS avec une bonne pratique.

Ils peuvent :

- faire partie du personnel interne,
- venir de l'extérieur ; dans ce cas une **forte collaboration avec le personnel interne est nécessaire.**

### Vendre la maintenance préventive aux acteurs concernés

Vendre sa politique maintenance aux opérationnels

- Réunion :
  - ❑ responsable de la mise en œuvre sur le terrain,
  - ❑ responsable de l'exploitation du matériel
  - ❑ personne ayant établi le plan de maintenance préventive.
- ⇒ Préciser la répartition des consignes permanentes entre Exploitation et Maintenance.
- ⇒ Commentaire sur le plan de maintenance préventive.
- ⇒ Justification économique.
- ⇒ Accord.
- Présentation à groupes d'opérationnels Maintenance et Exploitation, par les responsables précités.

### Mise en mains des visiteurs

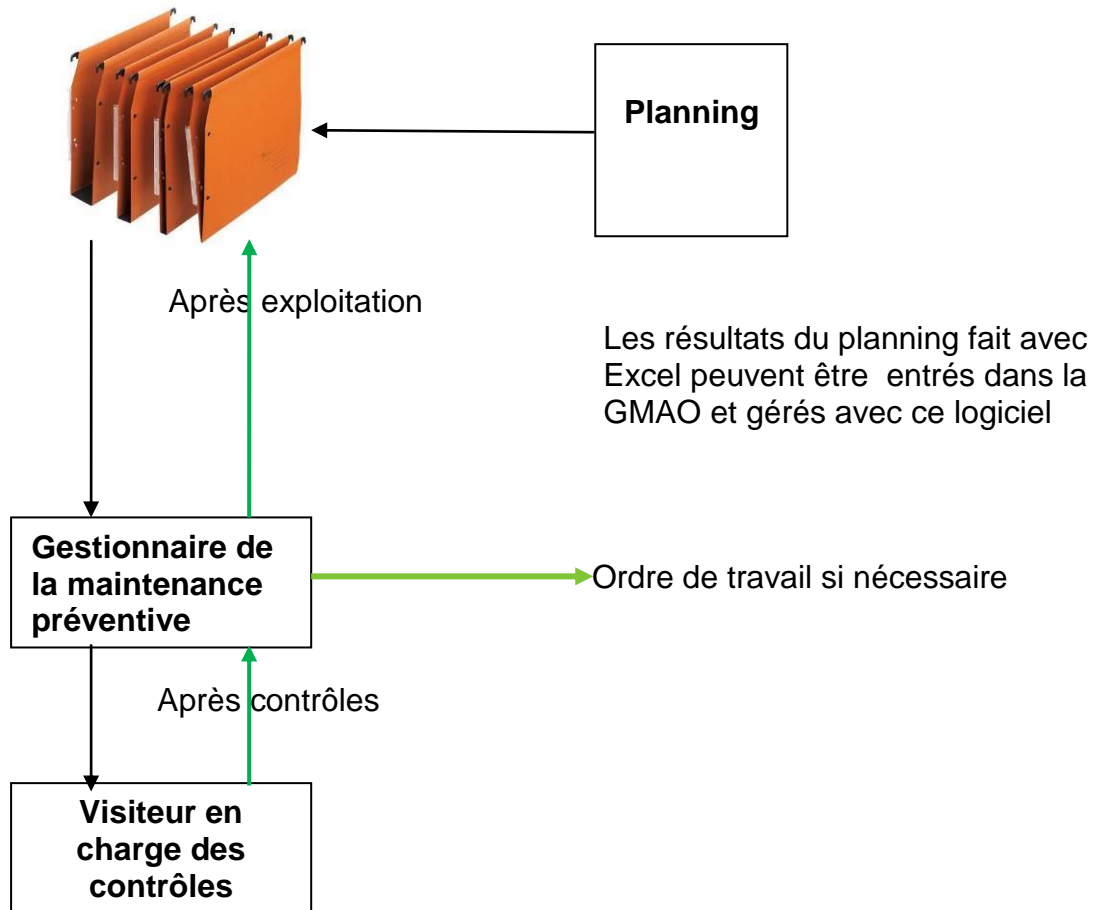
Il est nécessaire que celui qui a fait le plan et les gammes (ou le gestionnaire de maintenance préventive) accompagne le visiteur pendant plusieurs contrôles, pour qu'il y ait une bonne compréhension du travail à faire.

Il est même souhaitable qu'un remplaçant éventuel participe à ces visites.



### Gestion de la maintenance préventive

La maintenance préventive doit avoir un gestionnaire qui est le Technicien Méthodes ou le Chef d'Equipe du secteur concerné.



### Causes d'échec

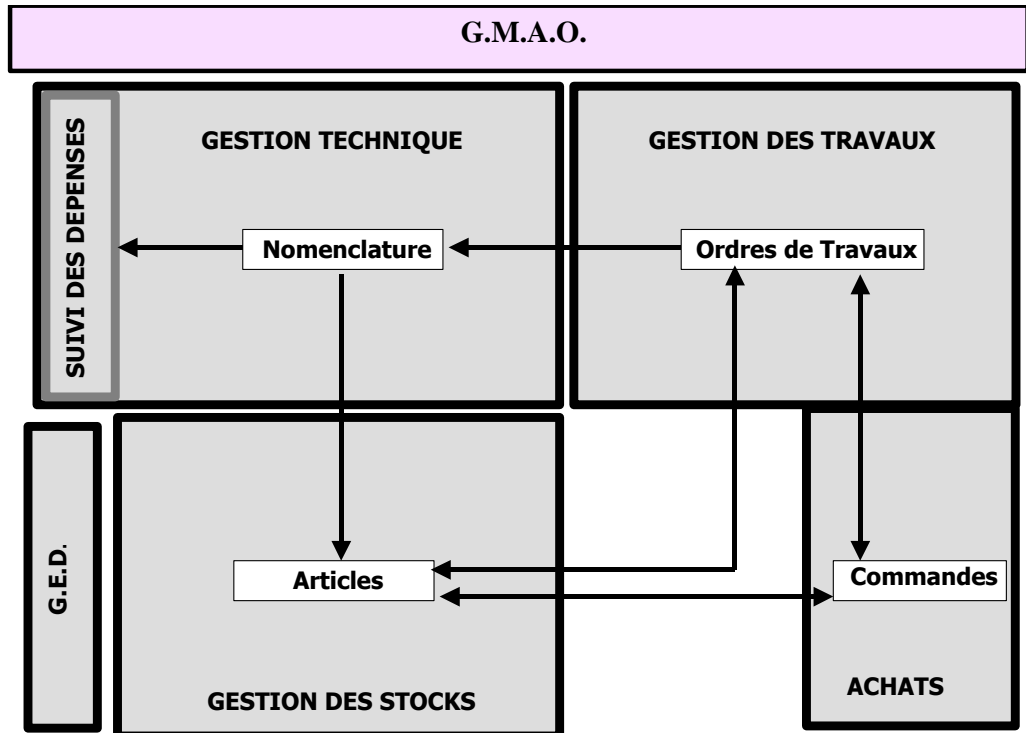
Les causes d'échec sont assez nombreuses :

- Plan de maintenance non opérationnel : pas de fiches de maintenance.
- Plan de maintenance non réaliste et pragmatique.
- Plan de maintenance rigide : pas d'adaptations.
- Problèmes de disponibilité du personnel en raison de l'absence d'un lissage de charge.
- Difficultés pour avoir le matériel à l'arrêt ; raison : pas assez de collaboration entre Exploitation et Maintenance.

Incompréhension du personnel de réalisation faute d'explication.

# GMAO

Ou Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur



Nous présentons ci-après les contenus de programmes pour :

- ➔ Gestion technique
- ➔ Gestion du stock de maintenance
- ➔ Gestion des travaux
- ➔ Gestion des achats
- ➔ Gestion budgétaire

## **PROGRAMME**

### **GESTION TECHNIQUE**

#### **ROLE DU PROGRAMME**

Ce programme fait partie d'un logiciel de Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur ( G.M.A.O. )

Il a pour objet essentiel de classer les matériels pour 3 raisons :

- rechercher facilement des informations technique,
- faciliter la recherche des pièces d'usure et des pièces de rechange,
- rechercher facilement les informations économiques et les historiques .

#### **FONCTIONNALITES**

##### **IDENTIFICATION DES MATERIELS**

- Nomenclature arborescente jusqu'à 9 niveaux ( code alphanumérique ) ; lien avec un numéro de section comptable aux plus hauts niveaux.
- Codification fonction technique parallèle ou incluse dans le code équipement. Cette codification doit permettre de faire des bilans et comparaisons d'équipements semblables.
- Codification de localisation géographique.
- Consultation, édition :
  - de la nomenclature arborescente,
  - des équipements classés par fonctions techniques,
  - des équipements classés suivant la localisation géographique

##### **BASE DE DONNEES TECHNIQUES**

- Recherche pour un code nomenclature :
  - des caractéristiques techniques,
  - des plans : leur référence et leur lieu de rangement ,
  - des schémas : leur référence et leur lieu de rangement ,
  - de la liste des pièces d'usure (non mises en stock) avec les coordonnées des fournisseurs ; pour un niveau d'arborescence donné, on a les pièces du niveau et celles des niveaux inférieurs,
  - de la liste des pièces de rechange (mises en stock) avec le N° de référence ; pour un niveau d'arborescence donné, on a les pièces du niveau et celles du niveau inférieur,
  - des outillages spéciaux,

## **PROGRAMME**

### **GESTION TECHNIQUE ( suite )**

- des consignes de sécurité,
- des modes opératoires,
- des check-lists de dépannage,
- de consignes ou fiches d'instructions figurant dans d'autres fichiers,
- de photos figurant dans d'autres fichiers,
- de commentaires ( texte libre )

#### ➤ Recherche par une pièce

Recherche des équipements sur lesquels est montée une même pièce.

### **HISTORIQUES** ( Interventions correctives prévues )

- Pour chaque niveau de code nomenclature, classement ABC :
  - des heures prestées,
  - des durées d'arrêt,
  - des coûts par natures de dépenses,
    - des coûts totaux
- Par nature de travail, et pour chaque niveau de code nomenclature, classement ABC :
  - des heures prestées,
  - des durées d'arrêt,
  - des coûts par natures de dépenses,
  - des coûts totaux.
- Consultation, édition des travaux exécutés par N° de nomenclature sur une période donnée :
  - libellé de l'intervention,
  - nature de l'intervention ( dépannage, préventif, sécurité...)
  - durée de l'arrêt,
  - temps passé par spécialité,
  - détail des coûts par nature de dépense,
  - coût total,

avec :

  - classement dans l'ordre chronologique,
  - classement dans l'ordre alphabétique,
  - classement Pareto (ABC)

## **PROGRAMME**

### **GESTION TECHNIQUE (suite)**

#### **ANALYSE DES PANNES**

- Tri et classement Pareto (ABC) des pannes sur :
  - nature de panne,
  - durée de panne,
  - fréquence de panne,
  - coût direct de panne.
- Possibilité d'entrer le taux de panne réel et objectif des matériels (en manuel ou par transfert de fichier) afin de sortir le taux de fréquence des matériels dont le taux de panne est supérieur à l'objectif.
- Sélection de pannes sur un matériel par recherche :
  - soit d'un code de panne,
  - soit de termes dans le descriptif de panne.
- Analyse sur tranche horaire pour un N° de nomenclature.
- Consommation d'un article pour un N° de nomenclature sur une période.

#### **INTERFACES**

- AUTRES MODULES DE LA G.M.A.O.
- INTERFACE AUTRE G.M.A.O.
- REPORTING

## **PROGRAMME**

### **GESTION DU STOCK DE MAINTENANCE**

#### **ROLE DU PROGRAMME**

Le stock de maintenance d'une usine, ou d'un atelier, est constitué par l'ensemble des articles qui permettent au service maintenance d'assurer sa triple mission :

- Maintenir de la façon la plus économique possible le matériel de l'usine, capital de l'entreprise, en accord avec la Fabrication.
- Exécuter des travaux de différentes natures, à la demande d'autres services en qualité de fournisseur.
- Gérer, de la façon la plus économique possible, ses propres moyens en hommes et en matériel.

Ce programme a pour but d'aider à la gestion de ces articles.

#### **FONCTIONNALITES**

##### **DESCRIPTION DE LA PIECE DE RECHANGE**

- Libellé long ( > 150 caractères ) et libellé court automatique ou non.
  - Codification semi-idéologique ( famille, sous-famille, catégorie...) en mémoire ordinateur
- +
- Code aveugle et incrémenté pour l'utilisation courante

##### **INFORMATIONS SUR L'ARTICLE**

- Libellé
- Code
- Fiche technique associée
- N° de plan éventuel
- N° ou référence de magasin
- N° de gisement
- Fournisseurs dont le principal
- Dernier prix
- Prix moyen pondéré
- Valeur de l'article
- L'unité de commande
- L'unité d'utilisation
- Les paramètres de gestion

## **PROGRAMME**

### **GESTION DU STOCK DE MAINTENANCE (suite)**

- La date de :
  - dernière entrée,
  - dernière sortie,
  - réservation.
- La quantité :
  - disponible,
  - réservée,
  - totale en stock,
  - en commande.

### **SAISIE DES MOUVEMENTS**

- Création d'un article
- Radiation d'un article
- Entrées en stock :
  - sur commande,
  - sur réparation,
  - sur fabrication interne,
  - sur réintégration
  - avec conditions de stockages particulières,
  - avec indicateur de contrôle technique.
- Sorties de stock :
  - sur ordre de travail,
  - sur N° de section (directement ) pour les consommables
- Réservation sur N° d'Ordre de travail pour une date donnée

### **GESTION**

- Choix de la méthode de gestion :
    - méthode du point de commande,
    - méthode du plan d'approvisionnement
    - méthode du programme
  - Paramètres de gestion :
    - entrés :
      - . délai d'approvisionnement,
      - . consommation moyenne,
      - . stock de sécurité.
    - calculés :
      - . stock économique,
      - . quantité économique de commande,
      - . point de commande,
      - . quantité à commander.
  - visualisation des paramètres de gestion,
  - possibilité de modifier les paramètres de gestion.
- } Formules de Wilson
- Possibilité de gérer des pièces en consignation
  - A la demande et à une fréquence donnée proposition de réapprovisionnement tenant compte du stock libre réel (stock physique – réservations) et des commandes.
  - Edition des demandes de réapprovisionnement après validation.

## **PROGRAMME**

### **GESTION DU STOCK MAINTENANCE (suite)**

- Inventaires :
  - à la demande,
  - selon une fréquence déterminée,
  - saisie des écarts.
- Valorisation des stocks :
  - prix moyen pondéré (PMP) calculé à chaque entrée,
  - possibilité de valoriser les articles, soit au PMP soit à un prix standard.
- Détection des articles dont le stock est en dessous du stock de protection.
- Détection des ruptures

#### **PIECES REPARABLES**

- . Leur état (attente d'expertise, en réparation, réparée).
- Délai de réparation.
- Coût des réparations

#### **RECHERCHE D'UN ARTICLE**

- Recherche directe :
  - par le code article,
  - par le libellé technique
- Recherche arborescente ou indirecte :
  - par l'équipement ( N° de nomenclature ),
  - par l'utilisation de la codification semi-idéologique,
  - par la fiche technique article (on peut avoir un moteur en stock et par ailleurs des roulements pour ce moteur).

#### **ANALYSES STATISTIQUES**

- Taux de rotation = Valeur annuelle des sorties / Valeur du stock, ou indice de couverture (nombre de mois en stock), globalement et par famille d'articles.
- Valeur du stock, globalement et par famille d'articles.
- Valeur des sorties, globalement et par famille d'articles.
- Nombre d'articles en stock.
- Nombre de créations (articles nouveaux)
- Nombre de radiations (articles supprimés)
- Valeur moyenne d'un article en stock.
- Taux de rupture du stock, globalement et par famille d'articles.
- Valeur du stock x 100 : Valeur réactualisée du matériel.

#### **INTERFACES**

- AUTRES MODULES DE LA G.M.A.O.
- REPORTING



## PROGRAMME

### GESTION DES TRAVAUX

#### ROLE DU PROGRAMME

Ce programme a pour but d'assurer :

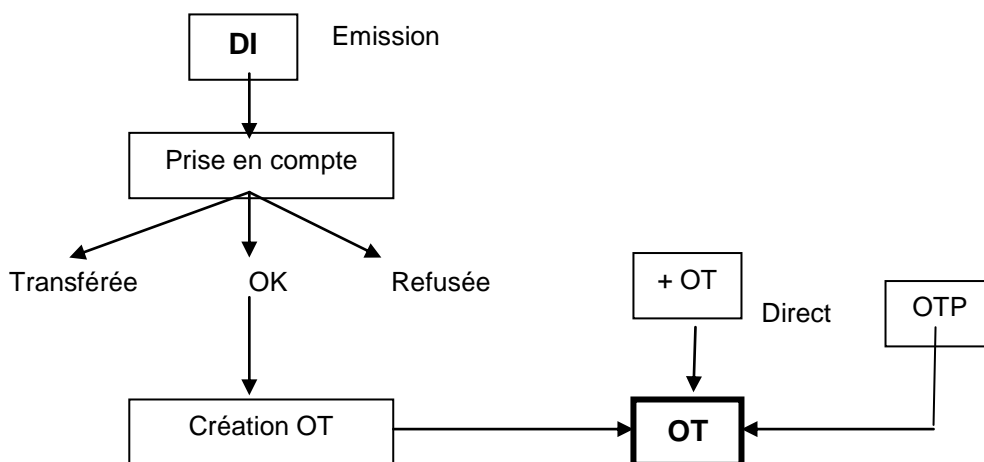
- l'identification et le classement, la préparation, l'ordonnancement, la planification hebdomadaire des travaux prévus,
- le calcul des coûts et le rassemblement de commentaires aux fins d'historiques de tous les travaux dont les dépannages.

#### FONCTIONNALITES

##### PRINCIPES MIS EN ŒUVRE

- Un travail peut faire l'objet, ou non, d'une Demande d'Intervention ( DI ) enregistrée en G.M.A.O.
- Mais tout travail doit faire l'objet d'un Ordre de Travail ( OT ) approuvé, émis et enregistré en G.M.A.O. Les Ordres de Travaux concernant la maintenance préventive sont appelés OTP.

Le schéma général est le suivant.



- Lorsque le travail est à réaliser en plusieurs phases, c'est-à-dire par plusieurs équipes de maintenance, on établit plusieurs Bons de Travaux ( BT ) par Ordre de Travail.  
La phase de travail est l'ensemble des opérations qu'il est logique de grouper, pour les confier à un même ouvrier ou à une même équipe de composition constante et bien définie. Cet ensemble d'opérations constitue un travail complet, contrôlable, dont le début et la fin sont nettement définis et qui peut être entièrement exécuté sans interruption, et sans modification de l'équipe.

## **PROGRAMME**

### **GESTION DES TRAVAUX (suite)**

#### **CODIFICATIONS**

En principe, le système doit présenter au minimum les codes de classement suivant.

- Affectation d'un code de classement des Ordres de Travaux par urgence : U1, U2, U3, par exemple.
  - Circuit Urgence 1 : ce circuit correspond au dépannage.
  - Circuit Urgence 2 : ce circuit correspond à un travail à effectuer dans un délai de quelques jours. Le dossier est préparé si le Chef Maintenance le juge nécessaire ; il est transmis immédiatement à la distribution du travail. Ces travaux sont mis en main dès que l'équipe qualifiée est libre.
  - Circuit Urgence 3 : il correspond à un travail à effectuer à une période prévue ou dans un délai précis ; c'est le cas, par exemple, des visites de maintenance préventive/prédictive et des suites à visites.
- Affectation d'un code nature de travail, à 2 caractères, par Ordre de Travail.  
Exemple :
  - 1. Maintenance courante
    - 1.1. Dépannages
    - 1.2. Réparations
    - 1.3. Préventif
    - 1.4. Modifications maintenance
    - 1.5. Etc.
  - 2. Gros entretien
  - 3. Interventions dues au produit
    - 3.1. Colmatage
    - 3.2. Encrassement
  - 4. Modifications
    - 4.1. Pour Fabrication
    - 4.2. Pour Sécurité
- Affectation d'un code Corps de Métier, auquel correspond un taux horaire.  
Etant donné qu'on peut être parfois amené à gérer les travaux d'équipes sur plusieurs chantiers, il paraît intéressant d'avoir la notion d'Equipe complétée par la notion de Corps de Métier ( taux horaire différent suivant l'équipe )

#### **EMISSION DES DEMANDES D'INTERVENTIONS**

Lorsqu'une demande d'intervention est introduite en GMAO, elle comprend obligatoirement :

- un numéro qui est incrémental,
- un titre,
- un émetteur,
- une priorité : urgente, ou normale, ou secondaire,
- une date de fin souhaitée.

## **PROGRAMME**

### **GESTION DES TRAVAUX (suite)**

Peuvent s'y ajouter les éléments suivants :

- le destinataire,
- la date d'émission
- des codes complémentaires concernant le matériel
- l'indication pour la situation de l'équipement : arrêté ou non,
- des commentaires,
- la nécessité d'une fiche de sécurité,
- les risques,
- les préventions.

#### **CREATIONS D'ORDRES DE TRAVAUX / BONS DE TRAVAUX**

Un Ordre de Travail comprend obligatoirement :

- un numéro qui est incrémental, et qui est différent de celui d'une DI lorsque celle-ci a été introduite en GMAO,
- un titre,
- une date de début et une date de fin,
- une priorité : urgente, ou normale, ou secondaire,
- une nature de travail
- la situation de l'équipement : arrêt ou non,
- l'équipe concernée
- les pièces de rechange nécessaires,

Les pièces peuvent être identifiées grâce à la documentation liée au code nomenclature concerné par :

- la liste des pièces d'usure (non mises en stock) avec les coordonnées des fournisseurs ; pour un niveau d'arborescence donné, on a les pièces du niveau et celles des niveaux inférieurs,
- la liste des pièces de rechange (mises en stock) avec le N° de référence ; pour un niveau d'arborescence donné, on a les pièces du niveau et celles du niveau inférieur,
- l'état de l'OT : requête-préparation-validé-planifié-en réalisation-terminé-annulé

On considère alors si l'OT doit être préparé par le Technicien Méthodes ou non ( en dehors des OT pour préventif qui sont déjà préparés)

En principe, on ne prépare complètement que :

- les travaux importants, c'est-à-dire supérieurs à 30 heures
- les travaux répétitifs,
- les travaux à réaliser lors d'arrêts programmés

## **PROGRAMME**

### **GESTION DES TRAVAUX (suite)**

Pour un travail préparé on complète par :

- une gamme ( déroulement des opérations )
- la spécialité concernée,
- le nombre d'intervenants,
- le temps prévu,
- le temps d'arrêt,

et des éléments complémentaires que l'on recherche dans les rubriques suivantes

- origine,
- contraintes,
- prestations,
- travaux,
- sécurité,
- intervenants,
- articles,
- coûts.

Dans certains on crée un lien avec une consigne, un mode opératoire, une photo, etc. figurant dans un autre programme (Word, Paint, PowerPoint..)

### **CAS DES BT**

Lorsque le travail est à réaliser en plusieurs phases, c'est-à-dire par plusieurs équipes de maintenance, on crée un Bon de Travail ( BT ) pour chaque phase. Le numéro du BT est constitué du numéro OT + un numéro d'ordre. Exemple : 129.01, 129.02, 129 ;03 où 129 est le numéro OT et 01, 02, 03 sont les numéros d'ordre de trois BT.

Définition de la phase de travail :

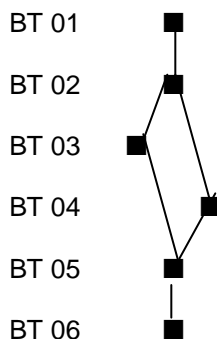
La phase de travail est l'ensemble des opérations qu'il est logique de grouper, pour les confier à un même ouvrier ou à une même équipe de composition constante et bien définie. Cet ensemble d'opérations constitue un travail complet, contrôlable, dont le début et la fin sont nettement définis et qui peut être entièrement exécuté sans interruption, et sans modification de la composition de l'équipe

Le programme doit alors permettre d'établir des gammes :

- En détaillant les différentes opérations d'une phase,
- En réalisant un schéma d'enclenchement des phases (BT) ; ce schéma permet de représenter graphiquement l'ordre de mise en route et les liaisons entre les différentes phases

## PROGRAMME

### GESTION DES TRAVAUX (suite)



## PLANIFICATION

En maintenance la planification des travaux se fait à trois niveaux :

- Premier niveau : les prévisions à moyen terme ; c'est l'ORDONNANCEMENT des travaux, qui concerne un horizon à quelques mois.
- Deuxième niveau : la répartition du travail ; c'est le lancement, ou DISTRIBUTION DU TRAVAIL, qui concerne quelques jours. C'est en fait la mise en main, par le Contremaître ou le Chef d'équipe, de tous les éléments permettant aux exécutants de faire le travail dans les conditions de temps, de qualité et de sécurité prévues.
- Troisième niveau : le cas particulier des arrêts programmés ; il s'agit donc de la PLANIFICATION DE CHAQUE ARRET PROGRAMME

## ORDONNANCEMENT

Le moyen principal de l'ordonnancement est le tableau de charge qui se constitue de la manière suivante :

- a. On définit la période d'ordonnancement, qui est classiquement la semaine.
- b. On calcule le potentiel théorique de réalisation mensuelle de chaque spécialité professionnelle de la maintenance ( en nombre d'heures )
- c. On réalise sur plusieurs mois un calcul statistique des heures passées en imprévu pour chaque spécialité professionnelle.  
Ces imprévus comprennent :
  - U1 = urgences 1
  - U2 = urgences 2
  - Petits travaux (OT permanents)
  - Absences imprévues
  - Ecart moyen entre temps prévus et temps passés
- d. On calcule des heures d'absences prévues pour chaque période d'ordonnancement (congrés, récupération, formation...)
- e. On calcule des heures nécessaires aux visites de maintenance préventive et au graissage.

**PROGRAMME****GESTION DES TRAVAUX (suite)**

- f. Le programme calcule la différence suivante par spécialité professionnelle et par période d'ordonnancement :  
 Potentiel théorique - ( Imprévus + Absences prévues + Visites Préventif )  
 et on obtient alors le « Programmable »
- g. Les heures correspondants aux dossiers d'OT/BT préparés ou estimés en U3 sont alors chargées dans le « Programmable »

SEMAINE			
	<b>Mécaniciens</b>		
Potentiel théorique			
Imprévus			
Absences prévues			
Visites préventif			
Programmable			
BT N°..... BT N°..... BT N°..... BT N°..... BT N°..... BT N°..... BT N°.....	<u>OT préparés</u>		
S/Total			
BT N°..... BT N°..... BT N°.....	<u>BT réservés</u>		
S/Total			
Total BT			
Disponible			
A sous traiter: BT N°..... BT N°.....			

## **PROGRAMME**

### **GESTION DES TRAVAUX (suite)**

#### **-DISTRIBUTION DU TRAVAIL**

Pour le lancement, ou distribution, du travail il est conseillé d'utiliser un TABLEAU DE DISTRIBUTION DU TRAVAIL. Celui-ci ne peut être fait qu'avec Excel.

#### **CAS DE LA MAINTENANCE PREVENTIVE**

La Maintenance préventive est définie avec Excel :

- Plan de maintenance préventive
- Calcul de la charge
- Gammes de maintenance préventive

Le planning est fait avec Excel mais les résultats peuvent être entrés dans la GMAO pour les déclenchements.

#### **CONSULTATION DU PORTEFEUILLE DES TRAVAUX A REALISER**

- pour un demandeur,
- pour un matériel,
- pour un arrêt,
- pour un préparateur,
- pour un état d'avancement.

## **PROGRAMME**

### **GESTION DES ACHATS**

#### **ROLE DU PROGRAMME**

#### **FONCTIONNALITES**

##### **FOURNISSEURS**

- Répertoire des fournisseurs : accessible suivant des produits répertoriés.
- Fichier fournisseur :
  - coordonnées,
  - interlocuteur et fonction,
  - différents produits vendus
  - produits en consignation
  - produits mis en stock chez Fabricom,
  - pour chaque produit mis en stock, le rabais pratiqué,
  - pour chaque produit mis en stock, le total commandé pour chacune des deux dernières années.

##### **DEMANDES D'ACHATS**

- Gestion différenciées des demandes d'achats (DA) et des demandes de réapprovisionnement (DR)
- Numérotation automatique des DA et des DR
- Proposition de relance sur interrogation de l'opérateur
- Consultation du fichier fournisseur par :
  - le fournisseur,
  - N° d'article pour les pièces en stock.
- Consultation des trois dernières commandes pour :
  - un fournisseur,
  - un N° d'article.
- Consommations de chacune des trois dernières années pour un N° article.

##### **EMISSION DES COMMANDES**

- Emission des commandes.
- Affectation d'un code permettant de distinguer achats de pièces, de réparations ou de sous-traitance.
- Lien avec autre fonctions pour enrichir les commandes par les fiches techniques.
- Possibilité d'avoir plusieurs lignes de commande par commande, avec des réceptions séparées.
- Système de relance automatique.
- Numérotation automatique des commandes.



## **PROGRAMME**

### **GESTION DES ACHATS (suite)**

#### **SUIVI DES COMMANDES ET FACTURES**

Système de suivi intégré :

- des demandes d'achats,
- des commandes,
- des réceptions de pièces et travaux,
- des factures de l'extérieur,
- des factures de V.C. au client pour les achats de pièces.

#### **INTERFACES**

➤ AUTRES MODULES DE LA G.M.A.O.

## **PROGRAMME**

### **GESTION BUDGETAIRE**

#### **ROLE DU PROGRAMME**

Ce programme a un double rôle :

- Aider à construire un budget programme de maintenance d'une manière analytique.
- Faire un suivi des dépenses par rapport au budget.

#### **FONCTIONNALITES**

##### **AIDE A L'ELABORATION DU BUDGET :**

- par chaîne de maintenance ou ligne d'exploitation,
- par spécialité professionnelle,
- par nature d'activité,
- ajustement en fonction des ressources humaines,
- simulation.

##### **SUIVI ET CONTROLE DES DEPENSES**

- Suivi des dépenses à l'engagement par nature de dépenses ( main d'œuvre, fournitures et pièces de rechange, etc. ) et contrôle par rapport au budget ( valeur absolue et pourcentage.
- Edition mensuelle du suivi cumulé en valeur réalisée, en écart absolu, en écart relatif :
  - par nature de dépense,
  - par chaîne de maintenance.

#### **3.- INTERFACES**

- AUTRES MODULES DE LA G.M.A.O.

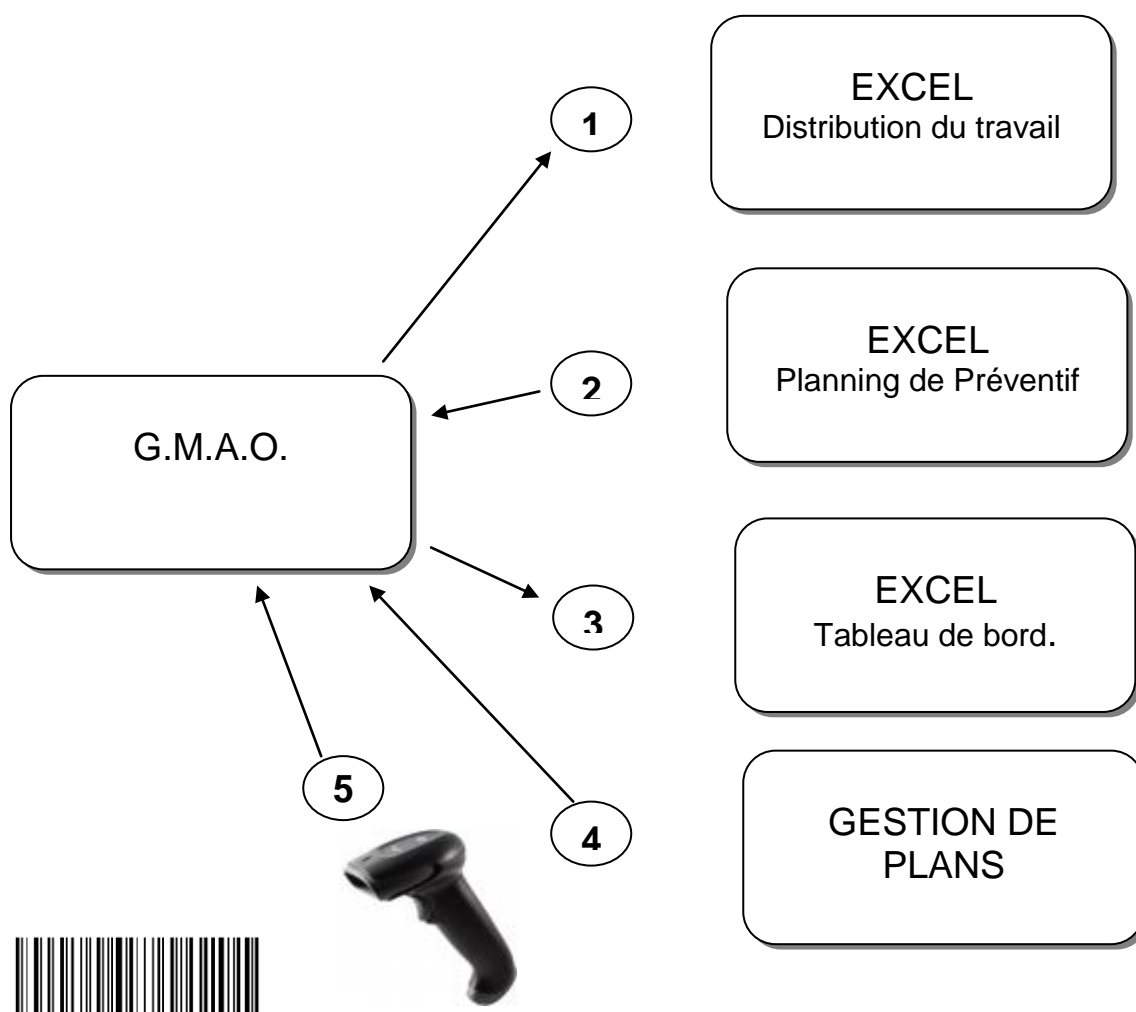
Contrairement à ce que l'on pourrait croire, les logiciels de GMAO ne définissent pas l'organisation de maintenance.

Ils sont surtout un outil de gestion financière.

De ce fait :

- ➔ C'est au service de maintenance concerné de définir les paramétrages concernés et ne pas se laisser imposer ceux-ci par des personnes connaissant peu ou pas du tout la maintenance.
- ➔ La GMAO doit être complétée par d'autres logiciels comme explicités ci-après.

## Cas général



- 1 Impératif** : la distribution du travail se fait grâce à Excel à partir des OT enregistrés, par le contremaître ou le chef d'équipe.

**2 Facultatif** : les résultats du planning de maintenance préventive, faits avec Excel, peuvent être enregistrés dans la GMAO pour faire les déclenchements.

**3 Impératif** : le contenu et la forme du tableau de bord sont conçus par les Méthodes de maintenance ; les données sont extraites de la GMAO chaque mois.

**4 Facultatif** : les plans peuvent être scannés et gérés par un logiciel gestionnaire de plans. Les résultats sont intéressants mais coûteux.

**5 Facultatif** : Les pièces de rechange peuvent être identifiées par codes barres. On peut enregistrer le N°OT avec l'identification de la pièce. Le système est peu coûteux à mettre en place. Il évite de nombreuses erreurs.

## Service de moins de 20 personnes

### Première solution

- ➔ **Petit logiciel de GMAO** conçu pour PME (attention aux nombre de caractères pour les pièces de rechange)
- ➔ **Excel** pour la maintenance préventive.
- ➔ **Excel** pour le tableau de bord.

### Deuxième solution

- ➔ **Logiciel de Gestion des stocks** (attention aux nombre de caractères pour les pièces de rechange)
- ➔ **Répertoire d'enregistrement** : voir le chapitre « Demandes et ordres de travaux ».avec Excel.
- ➔ **Excel** pour la maintenance préventive.
- ➔ **Excel** pour le tableau de bord.

# Méthodes d'études

	Page
<b>Analyse causale.....</b>	<b>221</b>
<b>Amdec.....</b>	<b>230</b>
<b>Grille de coûts.....</b>	<b>239</b>

## Analyse causale

Notre expérience nous a conduits à distinguer 3 types de défaillances du matériel :  
Défaillances extrinsèques – Défaillances dispersées – Défaillances intrinsèques

**Une défaillance extrinsèque a une cause qui est spécifique** à un organe, à une fonction, à un produit où elle apparaît ; cette cause n'est pas due à la dégradation normale d'un organe.

La défaillance peut survenir plusieurs fois par an.

Notre démarche consiste à analyser systématiquement le phénomène du point de vue physique.

Le chapitre « **Aides aux diagnostics de défaillances** » apporte des solutions en termes de causes et remèdes pour ce type de défaillance.

**Les défaillances dispersées ont une cause qui est générale** à plusieurs organes, ou plusieurs fonctions, ou plusieurs produits où elles apparaissent.

Il s'agit de trouver un point commun à des défaillances semblables. Ce point commun est **très souvent une ou plusieurs règles de l'art** non respectées.

Le chapitre « **Règles de l'art en maintenance** » présente 75 règles de l'art.

**Une défaillance intrinsèque a pour cause l'usure ou dégradation normale d'un organe.**

En général, elle nécessite le remplacement de l'organe et elle ne survient qu'au maximum une fois dans l'année.

On évite les pannes par la maintenance préventive.

Les chapitres « **Contrôles de maintenance préventive** » et « **Standards de maintenance préventive** » apportent les réponses d'ordre technique quant à ce besoin.

Il existe également des défaillances inopinées qui se manifestent en dehors des données habituelles. Etant causées par une variation inattendue des conditions de fabrication, il faut simplement prendre des mesures de remise en état pour revenir à l'état normal.

Si vous avez des historiques de pannes nous vous proposons de les transférer sur Excel comme le montre l'exemple de la page 36. Puis vous créez deux colonnes. Sur la première colonne vous identifiez les types de pannes :

- ✓ R : R1, R2, R3,...pour les défaillances répétitives ;
- ✓ D : D1, D2, D3,... pour les défaillances dispersées ;
- ✓ P : P1, P2, P3, ... pour les défaillances intrinsèques.

Il est conseillé de faire les classements dans cet ordre, en lisant bien les commentaires des dépanneurs et en les interprétant.

A titre d'information, concernant les défaillances dispersées les thèmes les plus courants sont les suivants.

### Mécanique :

- Desserrages, vibrations
- Détériorations de mécanismes
- Problèmes de graissage, grippages de paliers, échauffements
- Fréquents remplacements de roulements
- Fuites
- Problèmes hydrauliques
- Casses et bris d'arbres notamment
- Problèmes fréquents sur pompes
- Pertes de vitesses

### Electricité :

- Déclenchements de lignes automatisées ou pertes de fonctions
- Déclenchements généraux ou sur circuits
- Arrêts moteurs sans remplacements
- Arrêts moteurs avec remplacements
- Pertes partielles de fonctions
- Problèmes de détecteurs
- Défauts de câblages, connectique
- Fonctions défaillantes
- Micro-arrêts

Après classements des résultats, grâce à Excel, on obtient un véritable plan de fiabilisation.

Remarquons par ailleurs qu'une majorité des défaillances (répétitives, dispersées, intrinsèques) peuvent faire l'objet d'un suivi préventif.

C'est le cas de la majorité des défaillances mécaniques. Ce n'est pas le cas en électricité pour les défaillances dues à des parasites, micro-coupures, harmoniques, etc...

.

FICHIER DES DEFAILLANCES 2006						
Données ioms: listes des OT de panne 2006 sur les 5 coupeuses (03 05 09 15 34) triés par nomenclature (imputations)						
coupeuses (voir nomenclature)		date panne	durée panne	titre		observation: 1- description panne par demandeur 2- commentaire du dépanneur
Imputation	Ot	Dadpan	Durpa	Titre	Code	Observ
TEXTR34DT	27401	02/01/2006	0,5	TEXTR34ELEC	D1	DEROULEUR TISSU DISJONCTÉREARMEMENT VAR
TEXTR34EN	27458	02/01/2006	0,5	TEXTR34ELEC		FLECHE LAZER POSE BANDELETTE DISJONCTÉDEFAUT VARIATEUR REARMEMENT BF
TEXTR09EN	27735	03/01/2006	0,5	A.TEXTR09EN ELEC	D1	ENROULAGE ARRIERE DISJONCTEREARMEMENT BF
TEXTR05CO	27710	03/01/2006	0,67	A.TEXTR05CO MECA	R7-05	REGLAGE CHARIOT DE COUPEREGLE CHARIOT DE COUPE + SUIVI BF.
TEXTR09DT	28161	05/01/2006	0,5	TEXTR09DT ELEC	D1	POSTE D'ENROULAGE DISJONCTEREARMEMENT DEFAUT VARIATEUR ENROULAGE ET BF (DEFAUT FREIN HACHEUR)
TEXTR03CO	28122	05/01/2006	0,5	TEXTR03MECA	D2	VIS RESSORE HSREMISE EN ETAT BF.
TEXTR09EN	28160	05/01/2006	0,5	TEXTR09 ELEC	D3	LE PALANT NE DESCEND PLUSTROUVE 1 FILS HS DANS SERPENTIN ECHANGE FILS ET ESSAIS BF
TEXTR09EN	27983	05/01/2006	0,67	A.TEXTR9 ELEC	R23-09	PALAN HSDEBLOCAGE EN FORCAGE MANUEL,REMISE EN ETAT SERPENTIN
TEXTR34TR	28260	06/01/2006	0,02	TEXTR34MECA	R29-34	BOURRAGE ROULEAU PRESSEURFAIT MATIN
TEXTR09EN	28464	08/01/2006	0,5	*.TEXTR09ENELEC	D1	POSTE D'ENROULAGE DISJONCTE.REARM BF
TEXTR34DT	28508	08/01/2006	0,5	A.TEXTR34DELEC	D1	POSTE DEROULAGE TISSU DISJONCTEFAIT
TEXTR03DT	28482	08/01/2006	2,5	A.TEXTR03DTMECA	R13-03	ROULEAU AMBARREUR CASSE.DEMONTAGE ET REMONTAGE ROULEAU EN STOCK
TEXTR34	28620	09/01/2006	0,5	TEXTR34ELEC	D1	PLUS DE REENALISATIONCOUPURE DE L'ALIMENTATION D'UN BLOC GRIS QUI ETAIT EN DEFAUT BF
TEXTR34EN	28637	09/01/2006	0,5	TEXTR34ELEC	D1	PLUS DE FONCTION AUTOMATIQUE DU DEROULEURVU DEFAUT VARIATEUR ROULE GAUCHE TROUVE VARIATEUR PAS EN DEFAUTEFFECTUER UNE COUPURE SECTEUR ET REARMEMENT DE L ENSEMBLE DE LA MACHINE PLUS VARIATEURS SUR MACHINE REPRISE CYCLE ET BF
TEXTR03DT	28693	09/01/2006	1,17	TEXTR03	R13-03	FREIN EMBARRAGE HSCONFECTION FREIN REMISE EN ETAT SUPPORT
TEXTR03DT	28659	09/01/2006	0,02	A TEXTR03 MECA	R13-03	FREIN CUIR EMBARREUR HSFait
TEXTR09EN	28922	10/01/2006	0,42	TEXTR09 ELEC	D1	POSTE D'ENROULAGE DISJONCTEREARMEMENT VARIATEUR . ESSAI BF
TEXTR09EN	28872	10/01/2006	0,25	M.TEXTR09 ELEC	D1	PB D'ENROULAGE. FAIT.REARMEMENT DEFAUT VARIATEUR ENROULEUR ET BF
TEXTR34EN	28873	10/01/2006	0,02	A.TEXTR340 ELEC	D1	PANNE DES 3 PALANS. FAIT.FAIT VOIR AUTRE BT
TEXTR09CO	28806	10/01/2006	0,02	A.TEXTR09CO MECA	R19-09	PLAQUE LISIERE A VOIR LE TISSU BUTTE DESSUS A CHAQUE PASSAGE
TEXTR05CO	28779	10/01/2006	0,75	A.TEXTR05CO MECA	R7-05	REGLAGE CHARIOT DE COUPEDEBOURRAGE ET REGLAGE DU CHARIOT DE COUPE.
TEXTR05CO	28807	10/01/2006	1,	M.TEXTR05CO MECA	R8-05	REMETTRE FIL SUR TAPIS DE COUPE HSREMISE EN ETAT BF
TEXTR05CO	28766	10/01/2006	0,5	M.TEXTR05CO ELEC		DYSFONCTIONNEMENT DU COMPTEUR COUPEREPROGRAMATION DU COMPTEUR DE COUPE BF
TEXTR09CO	28966	11/01/2006	0,5	M.TEXTR09 MECA	R19-09	PLAQUE LISIERE COTE OPPOSE A L'OPERATEUR PROVOQUE DES BOURRAGES.REDRESSAGE PLAQUE LISIERE BF.

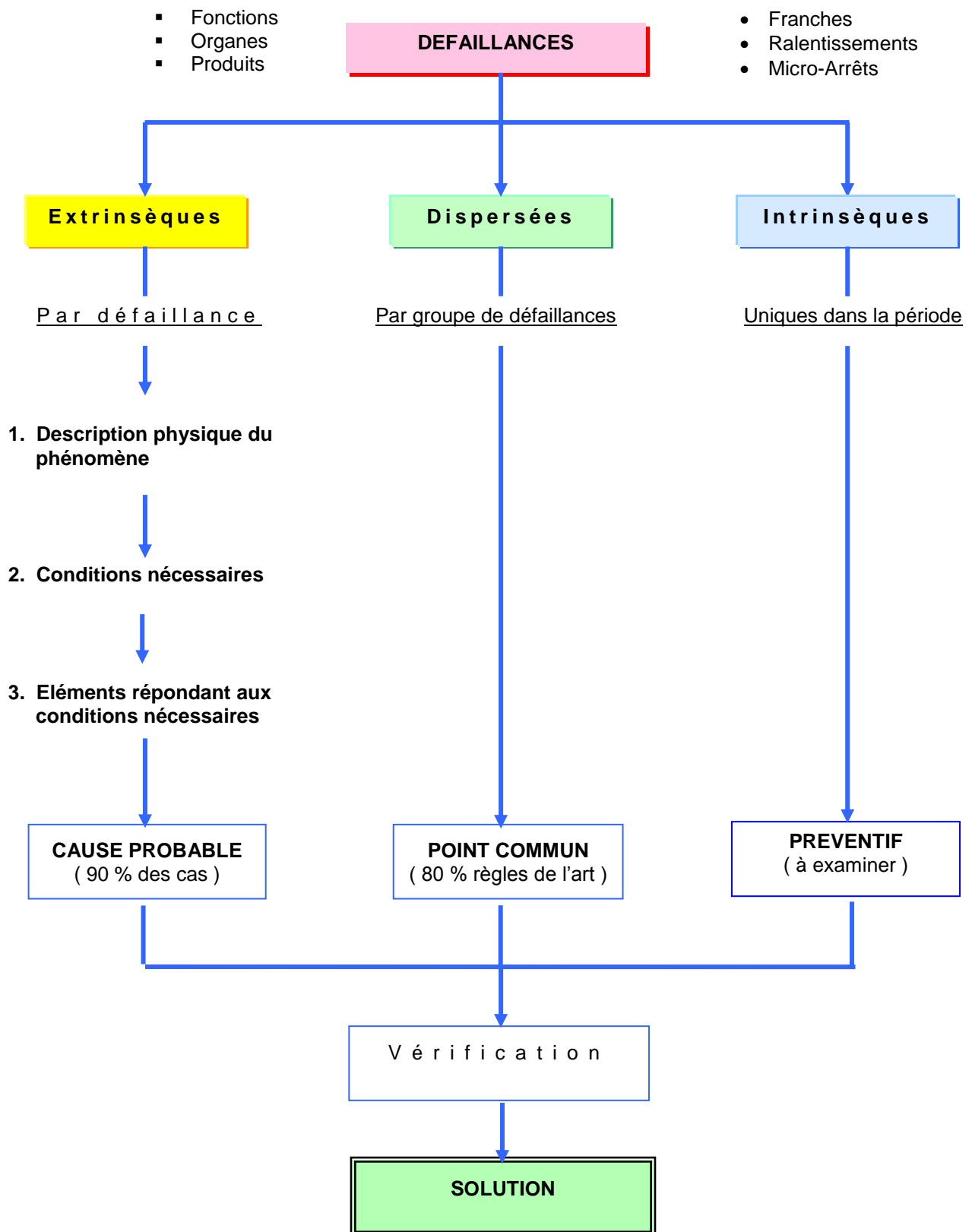


## PLAN D'ETUDE

Données ioms: listes des OT de panne 2006 sur les 5 coupeuses (03 05 09 15 34) triés par nomenclature (imputations)

Code	Imputation	Libellé	Temps	Nb	Cumul tps	%
D1		Déclenchements électriques	221,72	421	221,72	28%
R2-05	TEXTR05CO	Problèmes de courroie sur chariot de coupe	57,29	34	279,01	35%
R9-09	TEXTR09	Dysfonctionnements Fife	45,29	49	324,3	41%
D2		Serrages et fixations	39,68	51	363,98	46%
R2-03	TEXTR03CO	Problèmes de courroie sur chariot de coupe	29,85	20	393,83	50%
R27-34	TEXTR34EN	Dysfonctionnements de crabotage	29,69	18	423,52	54%
R4-05	TEXTR05CO	Bourrages au chariot de coupe et impacts sur chariot	23,1	19	446,62	57%
R2-09	TEXTR09CO	Problèmes de courroie sur chariot de coupe	22,44	17	469,06	59%
R13-03	TEXTR03DT	Problèmes d'embarreur	21,69	8	490,75	62%
R4-03	TEXTR03CO	Bourrages au chariot de coupe et impacts sur chariot	19	23	509,75	65%
D3		Problème de connectique	18,92	26	528,67	67%
R7-09	TEXTR09CO	Réglage chariot coupe	15,94	13	544,61	69%
R31-09	TEXTR09TR	Relachement bande au transfert	15,34	14	559,95	71%
R1-03	TEXTR03CO	Problèmes de position d'arrêt du chariot de coupe	14,87	20	574,82	73%
R11-34	TEXTR34	Problème déroulage bandelettes et 1/2 gaffes	14,52	19	589,34	75%
R7-03	TEXTR03CO	Réglage chariot coupe	13,95	16	603,29	77%
R7-05	TEXTR05CO	Réglage chariot coupe	12,54	17	615,83	78%
R15-05	TEXTR05DT	Problèmes d'embarreur	12,54	11	628,37	80%
R4-09	TEXTR09CO	Bourrages au chariot de coupe et impacts sur chariot	12,45	20	640,82	81%
R22-09	TEXTR09EN	Dysfonctionnements de crabotage	11,11	16	651,93	83%
R24-15	TEXTR15DT	Problèmes d'embarreur	10,51	11	662,44	84%
R16-05	TEXTR05DT	Problèmes de déroulage : embrayage et crabotage	9,77	8	672,21	85%
R26-15	TEXTR15EN	Problèmes de centrage avant le poste d'enroulage	9,46	11	681,67	86%
R23-09	TEXTR09EN	Dysfonctionnements du palan	8,67	9	690,34	88%
R29-34	TEXTR34EN	Problèmes de presseur	6,93	9	697,27	88%
R14-05	TEXTR05CO	Problèmes de tension toile et tapis	6,92	7	704,19	89%

Examen des historiques sur une période de six à douze mois



## Défaillances répétitives

### Remarque importante

Pour toute analyse causale il est impératif de commencer à respecter les 2 points suivants.

#### Consulter l'Exploitation (Fabrication)

Le premier concerné doit être consulté : l'**opérateur**, de même que son contremaître ou chef d'équipe. En tant qu'ingénieur conseil nous avons résolu de nombreuses pannes simplement en allant voir l'opérateur (ou les opérateurs). Trop souvent on ne vient pas le voir sur son lieu de travail ; donc il garde pour lui ce qu'il sait (parfois la cause du problème). De toute manière il ne peut que donner des indications précieuses.

Il arrive parfois que la Maintenance ne voit qu'une partie du problème en fonction des enregistrements. Mais il peut y avoir des interventions de l'exploitation non renseignées alors qu'elles sont liées à la même cause.

Consulter l'exploitation permet de voir également si l'on parle d'une ou de deux pannes ayant le même effet ( par exemple un problème de parasite d'une part et de connectique d'autre part).

#### Rechercher tous les modes opératoires

##### 1. *Modes opératoires du constructeur*

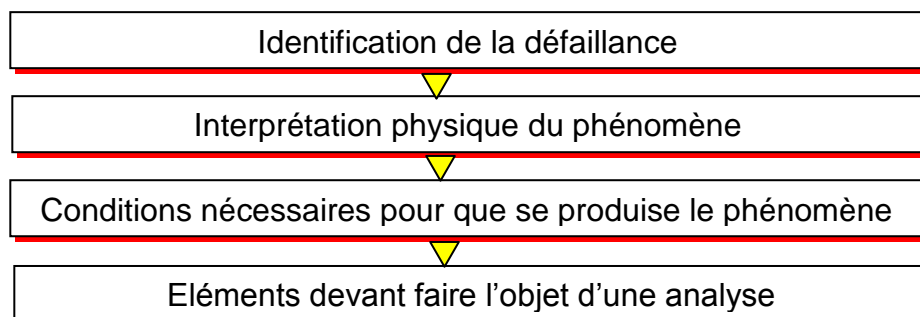
Très souvent les défaillances sont dues à des modes opératoires non respectés (réglages ou changements de pièces). Il est donc impératif de retrouver ces modes opératoires en Maintenance ou au Bureau d'Etude.

##### 2. *Règles de l'art concernant l'équipement*

Le respect des règles de l'art est à vérifier : serrages, alignements, tension de courroie....

Trop souvent les techniciens disent : oui on sait... surtout dans les grosses entreprises. Ce n'est pas toujours vrai.

Après les vérifications précédentes, si la cause n'est pas trouvée la méthode que nous proposons est simple et expérimentée à travers de multiples applications en France et à l'Etranger :



#### Identification de la défaillance

Il faut décrire le problème (QQOQCC) en répondant aux questions suivantes :

**QUI ?**

*Qui s'aperçoit de la défaillance ?*

*Qui intervient ?*

**QUOI ?**

*Qu'est-ce qui est cassé, usé, corrodé ?  
Avec quoi intervient-on ?*

**OU ?**

*Quel endroit, quel circuit, quelle zone ?  
Y-a-t'il un équipement similaire sur lequel ne survient pas la défaillance ?*

**QUAND ?**

*Quels jours ? Quelles heures ?  
Depuis quand ?  
Pendant quelle opération ?*

**COMMENT ?**

*Est-ce une fissure ? une usure asymétrique ?.....etc.*

**COMBIEN ?**

*de jeu, de pression, d'usure... ?  
Trouvez l'unité qui rend le mieux compte de l'état d'usure : tonnes ou unités produites entre 2 défaillances, mm de corrosion par an,...*

**REMEDE** ⇒

*Comment fait-on pour redémarrer quand la défaillance apparaît ?  
Quelle réparation éventuelle fait-on ?*

Il s'agit dans cette étape de recueillir tous les éléments pour identifier le problème et de contrôler leur exactitude.

***Le plus possible, on prendra en compte les constatations faites par les opérateurs d'exploitation.***

Dans certains cas, il est utile de réunir un groupe de personnes concernées.

## Interprétation physique du phénomène

Exemples :

- S'il y a corrosion : est-ce une corrosion chimique, atmosphérique, galvanique, par cavitation ou tout simplement une érosion ?
- S'il y a casse : est-ce une casse par torsion, par cisaillement, par fatigue, par choc... ?
- Est-ce une carbonisation due à un apport thermique excessif, etc
- ***Le plus possible, on prendra en compte les constatations faites par les réparateurs.***

Dans certains cas, on devra :

- attendre une nouvelle défaillance pour faire un relevé de l'état de l'organe,
- utiliser des moyens particuliers tels que la photographie, des relevés de pressions, de températures, etc...
- faire une analyse par un laboratoire.

Par expérience, on constate que très souvent on découvre la cause simplement par l'identification de la défaillance et l'interprétation physique du phénomène.  
Dans ce cas, bien sûr il ne faut pas poursuivre l'analyse.

## Conditions nécessaires pour que se produise la défaillance

On répond à cette question, en prenant en compte à la fois l'interprétation physique du phénomène et les caractéristiques propres de l'organe étudié.

### Exemples :

- S'il y a carbonisation due à un apport thermique excessif, les conditions nécessaires pour que se produise la défaillance peuvent être : manque de lubrification, refroidissement insuffisant, pression trop forte,...
- Si un arbre est cassé par torsion ( on le voit à l'examen ) la condition nécessaire est qu'il y ait un blocage dans la chaîne cinématique.
- Si est cassé par flexion ( non alternée ) la condition est qu'il y ait une poussée entre deux paliers, etc...

A ce stade, on peut utiliser une « Aide au diagnostic » pour trouver plus rapidement la cause.

## Eléments devant faire l'objet de l'analyse

Les réponses aux 2 questions précédentes vont guider le choix des différents éléments à prendre en considération dans l'analyse.

Une sélection est donc à faire parmi la liste exhaustive ci-après :

- L'organe défaillant lui-même.
- Les autres organes (ou sous-ensembles) en relation directe, ou indirecte dans la mesure où ils sont très proches, avec l'organe défaillant :
  - en amont,
  - conjoints,
  - en aval.
- Les fluides utilisés pour le fonctionnement de l'organe défaillant : huile, graisse, eau, produit de blocage pour garnitures mécaniques de pompes, etc...
- Les énergies utilisées pour le fonctionnement de l'organe défaillant : électricité, air comprimé, vapeur, etc...
- Les produits en relation avec l'organe défaillant, ou avec les autres organes (il convient d'avoir de bonnes connaissances technologiques pour préciser les caractéristiques des produits pouvant avoir une influence sur les organes : corrosion, érosion, encrassement, agression mécanique, etc...)
  - en fonctionnement normal,
  - lors d'opérations spéciales.
- Le système de commande et régulation.

Si nécessaire, on précisera certains points clés concernant :

### ***L'utilisation***

- La marche normale, semi-automatique, manuelle
- Les réglages pour changements de produits
- Les nettoyages
- Les redémarrages
- Les opérations particulières

### ***Le milieu***

- la température et ses variations
- le son et les vibrations
- la lumière avec ses variations
- les poussières
- l'humidité

**On examinera alors si la variation d'un de ces éléments est liée à une condition nécessaire.**

### Défaillances dispersées

Généralement les défaillances dispersées sont faciles à résoudre.

Exemple significatif : il s'agit d'une usine de la sidérurgie où les pannes principales étaient les desserrages pour la partie mécanique, les défaillances inexpliquées pour la partie électrique.

Le Chef Maintenance prit deux décisions.

1. A côté des vis et écrous sur les lieux du self service, il fit placer les rondelles freins qui étaient en magasin. Puis il donna les bonnes instructions au personnel : toujours mettre un frein soit une rondelle frein soit un contre-écrou, et employer la clé dynamométrique ou la clé hydraulique quand cela est nécessaire.
2. Il fit acheter des pinces ampéremétriques adaptées pour chaque chef d'équipe. Il demanda alors au personnel de revenir avec une pince pour détecter la présence d'un déséquilibre de phase, après un réenclenchement de disjoncteur ou d'un relais thermique de moteur.

Un an après les deux problèmes avaient disparus.

Pour résoudre les défaillances dispersées il faut donc rechercher les modes opératoires ou les règles de l'art à respecter. Il faut parfois prendre certaines dispositions comme dans l'exemple précédent. Cela peut conduire à l'achat de matériel comme un tensiomètre, une latte de mesure de pas de chaîne, etc...

### Défaillances intrinsèques

La résolution se fait bien sûr par des visites préventives.

A noter que s'il y a beaucoup de pannes, c'est que le plan de préventif est insuffisant ou non adapté, ou que les visites ne sont pas bien faites.

En effet, les contrôles permettent de détecter une très grande partie des défaillances même répétitives ou dispersées.

Quand la maintenance préventive fonctionne bien, le plan de fiabilisation se crée à partir des résultats des visites et non des historiques de pannes. De toute manière il faut chercher à éliminer des interventions même si ce ne sont plus des pannes.

# Amdec

Beaucoup recommandent la méthode Amdec pour rechercher les causes de défaillances. Elle se pratique en petits groupes mixtes Exploitation/Maintenance de 3 ou 4 personnes.

Elle demande beaucoup, beaucoup de temps. Nous ne l'avons que très , très peu utilisée. De fait elle a motivé notre recherche de création de « standards » au travers de nos nombreuses expériences

**Amdec** : Analyse des Modes de défaillances et de leur Criticité

La présente description a pour objet la définition de la méthode d'analyse qualitative de fiabilité et de maintenabilité appelée AMDEC e Défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticités. ( Traduit de l'anglais FMECA : Failures Modes, Effects and Criticality Analysis ).

## But de l'amdec principes de base

L'AMDEC contribue à l'obtention de la fiabilité ou de la maintenabilité optimale d'un dispositif ou d'un système, en mettant d'abord en évidence les points à risques pour les réduire ensuite par des mesures appropriées.

Elle permet de faire évoluer l'état d'esprit et la façon d'appréhender les problèmes de qualité-fiabilité, en imposant la rigueur d'analyse et en montrant qu'il est possible d'intervenir très tôt sur la fiabilité-maintenabilité, lorsque des mesures correctives sont encore possibles, et sans attendre les résultats d'essais ultérieurs.

## Généralités

L'AMDEC est une technique d'analyse prévisionnelle rigoureuse, qui permet d'analyser et d'estimer les risques d'apparition de défaillances et leurs conséquences.

Pour qu'elle corresponde à la perception de l'utilisateur ( sensibilisé à l'apparition d'une défaillance, et à la gêne qu'elle procure), chaque défaillance est caractérisée par sa probabilité d'apparition et sa gravité estimée.

L'AMDEC prend en compte chaque étape de la chaîne d'évènements conduisant à l'apparition d'une défaillance pour l'utilisateur, c'est-à-dire :

- ⇒ Cause de défaillance ( défaut initial )
- ⇒ Mode de défaillance induit par cette cause
- ⇒ Non détection du défaut avant qu'il n'atteigne l'utilisateur

Elle concerne toutes les activités conduisant à l'élaboration d'un produit, d'un moyen de production, et à son utilisation : Bureau d'Etudes, Exploitation, Maintenance, Méthodes, Contrôle, Etc..

## Domaine d'application

La méthode s'applique à tous les dispositifs ou systèmes qui risquent de ne pas tenir les objectifs de fiabilité ou de maintenabilité qui leur sont assignés

Les défaillances potentielles qui peuvent grever la fiabilité ou la maintenabilité sont évaluées en se référant aux fonctions de l'objet analysé.

Dans le but d'améliorer la fiabilité ou la maintenabilité de l'objet, on procède à une analyse critique de sa conception, ou de son procédé d'exploitation et non de ses fonctions.

Ces fonctions doivent être consignées dans le cahier des charges fonctionnel de l'objet analysé.  
L'analyse ne peut se faire que si l'on dispose d'une représentation concrète de ces fonctions ( Exemples : plans et nomenclatures des composants de l'objet, descriptif du processus d'exploitation..)

L'AMDEC est entreprise le plus tôt possible, pour disposer du temps nécessaire à la mise en œuvre des actions à entreprendre en vue d'empêcher les défaillances d'atteindre le client, ou l'utilisateur du moyen d'exploitation.

L'objet peut être :

## **Un produit :**

- ⇒ AMDEC PROJET-PRODUIT  
Analyse de la conception du produit
- ⇒ AMDEC PROCESSUS-PRODUIT  
Analyse des opérations de production ( Fabrication, Manutention, Contrôle...) du produit

## **Un moyen de production ou exploitation**

- ⇒ AMDEC MOYEN D'EXPLOITATION  
Analyse de la conception et de l'exploitation de la machine ou système

La méthode est identique pour ces deux objets. Seuls diffèrent les supports et les barèmes de cotation.

## **Méthode amdec moyen d'exploitation**

### **Découpage de l'objet étudié**

On procède à un découpage en sous-ensembles et éléments dont on précise les fonctions et les liaisons. Un élément peut comporter plusieurs composants identiques travaillant dans les mêmes conditions, et dont les défaillances ont les mêmes conséquences. La connaissance de ces fonctions est nécessaire à l'explication du mécanisme de défaillance.

### **Evaluation des défaillances potentielles**

#### **Détermination des critères qualificatifs**

Pour chaque élément du dispositif ou système, on détermine et énumère les critères ci-après, en remplissant la grille-support.

#### ⇒ Mode de défaillance

Un mode de défaillance est la manière dont le dispositif ou le système peut s'arrêter de fonctionner ou fonctionner anormalement.

Le mode de défaillance est relatif à chaque fonction de chaque élément.

Il s'exprime en termes physiques.

Exemple : rupture – desserrage – coincement – fuite – court circuit..

#### ⇒ Cause de défaillance

On recherche et on décrit les événements susceptibles de conduire au mode de défaillance.

Une cause de défaillance est l'anomalie initiale pouvant conduire à la défaillance, par l'intermédiaire du mode de défaillance.



Exemple : sous-dimensionnement – absence de frein d'écrou – manque de lubrifiant..

Note : à un mode de défaillance peut correspondre plusieurs causes, et réciproquement.

### ⇒ Effet de la défaillance

Pour chaque élément et pour chaque mode de défaillance, on décrit les conséquences subies par l'utilisateur.

Pour l'AMDEC Moyen d'exploitation, les conséquences sont relatives à l'utilisateur du moyen.

Exemple : arrêt de production – sécurité machine..

### ⇒ Détection

Une cause (et/ou un mode) de défaillance étant supposée apparue, on analyse et on dresse la liste de tout ce qui empêche cette cause et/ou le mode de défaillance d'arriver à l'utilisateur.

Exemple : non-visibilité – capotage – mesure inexistante ..

## Chiffrage des risques

Le chiffrage est basé sur la chaîne d'événements conduisant à la perception d'une défaillance par l'utilisateur.

Le chiffrage permet :

- de mettre en évidence l'importance de chaque cause de défaillance en tenant compte de la fréquence potentielle d'apparition de celle-ci, de sa gravité et de sa non-détection,
- de hiérarchiser les causes afin de mettre en évidence celles qui devront faire l'objet d'une action prioritaire,
- à l'aide de barèmes de rendre la cotation homogène.

## DEFINITIONS

### ⇒ Indice de gravité G

On se réfère uniquement à l'effet de chaque défaillance ressenti par l'utilisateur.  
La cotation varie de 1 à 4.

### ⇒ Indice de fréquence F ( ou occurrence )

Il représente le risque que la cause potentielle de défaillance survienne et qu'elle entraîne le mode potentiel de défaillance considéré.  
La cotation varie de 1 à 4.

### ⇒ Indice de non-détection D

C'est la probabilité que la cause (et/ou le mode) de défaillance supposée apparue atteigne l'utilisateur.

## CALCUL DE CRITICITE

Pour chaque cause de défaillance, on effectue le produit des 3 indices : Gravité, Fréquence, Non-détection.

Le résultat donne L'INDICE DE PRIORITE DE RISQUE ( IPR ) :  $IPR = G \times F \times D$

L'IPR varie de 1 à 64

### HIERARCHISATION

Pour avoir une image globale de la fiabilité et de la maintenabilité potentielle du dispositif ou système, on représente les IPR sous la forme d'un histogramme. Les classes d'IPR sont représentées en abscisse ; en ordonnée on porte le nombre de causes correspondant. Cette représentation facilite le suivi des améliorations ultérieures.

### **Actions correctives**

Après la mise en évidence des risques de défaillances critiques,  
**IL EST IMPERATIF QUE DES ACTIONS CORRECTIVES SOIENT PRISES.**

Les actions correctives sont engagées pour les causes de défaillance dont l'IPR dépasse un seuil fixé à l'avance.

On choisit habituellement un seuil supérieur ou égal à 16.

*Ces valeurs peuvent être modifiées en fonction des exigences liées aux objectifs.*

Une diminution de l'IPR pourra être obtenue en jouant sur un ( ou plusieurs ) terme (s) du produit  $G \times F \times D$ .

On pourra donc :

- ⇒ Agir en priorité sur les causes ( diminution de l'indice de fréquence F ) en intervenant sur un des paramètres suivants :
  - modifications de la définition des plans, fiabilité des organes,
  - maintenance préventive,
  - etc..
- ⇒ Agir sur la conception ( diminution de l'indice de gravité G )  
Pour le moyen de production ou d'exploitation, dans la mesure où la gravité s'exprime en termes d'arrêt machine, on peut intervenir sur l'accessibilité, la démontabilité, l'aide au diagnostic, la standardisation..
- ⇒ Améliorer ou mettre en œuvre des détections ( diminution de l'indice de non-détection D )

L'objectif « COUT » n'intervient qu'à ce stade de l'analyse.

### **Suivi**

Le suivi est un aspect primordial pour le succès de cet outil analytique. Pour toutes les mesures prises, il faut désigner des responsables et établir un plan d'actions.

Un nouveau calcul des criticités (IPR) est effectué après chaque modification.

La correction des défaillances reste engagée jusqu'à ce que le dispositif soit jugé satisfaisant.

## Exemples

### RESUME DE LA METHODE AMDEC

- 1<sup>ère</sup> étape Décomposition du dispositif ou système en sous-ensembles et éléments ou décomposition des opérations d'exploitation.
- 2<sup>ème</sup> étape Evaluation qualitative des défaillances : MODE – EFFET – CAUSE – DETECTION
- Evaluation quantitative des défaillances : GRAVITE – FREQUENCE – NON-DETECTION
- Criticité d'une défaillance.
- Hiérarchisation
- 3<sup>ème</sup> étape Actions correctives.  
Choix.  
Organisation, coordination et contrôle
- de l'essai des actions proposées,
  - de leur application.
- 4<sup>ème</sup> étape Suivi

### AMDEC MOYEN D'EXPLOITATION

#### 1. SUPPORT ( Format A3 )

1. Désignation du système
2. Désignation du sous-système
3. N° de plan du système et sous système
4. Utilisation du moyen
5. Numéro d'édition et date
6. Numéro de folio
7. N° de repère dans le plan du sous-système
8. Identification de l'élément ou du composant étudié
9. Fonction(s) de l'élément ou du composant étudié
10. De quelle manière l'élément ou le composant risque-t-il de ne plus fonctionner ?
11. Anomalies initiales pouvant conduire au mode de défaillance
12. Effets pour l'utilisateur de la défaillance sur le système et/ou le sous-système
13. Détection ( signe avant-coureur, alerte automatique..)

14. Chiffrage des risques pour chaque cause de défaillance
  - F ⇒ Indice de fréquence de la défaillance
  - G ⇒ Indice de gravité de la défaillance
  - D ⇒ Indice de non-détection de la défaillance
  - IPR ⇒ Indice de priorité de risque :  $F \times G \times D$
15. Temps nécessaire à l'échange de l'élément ou du composant défaillant
16. Mesures à prendre pour réduire l'IPR en jouant sur la conception
17. Mesures à prendre pour réduire l'IPR en jouant sur la maintenance ( préventif, outillage..)
18. Calcul du nouvel IPR
19. Responsable des mesures correctives et délais

ANALYSE DES MODES DE DEFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET CRITICITE – A.M.D.E.C.															
Système : (1)		N° Plan : (3)					Phase opérationnelle (4)			Dates des analyses (5)			Folio(6)		
S/Système : (2)		N° Plan :													
N°	Elément ou Composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets sur syst. s/syst.	Défect .	F	G	D	IP R	Mesures correctives			Nouv IPR	Resp
											Modifications à réaliser	Maintenance préventive	P.d.R		
(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)			(15)	(16)	(17)		(18)	(19)

2. **TABLEAUX DE CRICITE** ( Exemples )**GRAVITE**

1	Non critique	Ne remet pas en cause la mission
2	Peu critique	Interruption partielle de la mission ( ralentissement)
3	Critique	Interruption de la mission
4	Très critique	Risque d'accident de personnes Durée d'arrêt importante

ARRET

Inférieur 5 min



Supérieur 8 h

**FREQUENCES**

1	Quasi impossible	Intervalle sans défaillance supérieur à 1 an
2	Possible	Intervalle sans défaillance compris entre 6 mois et 1 an
3	Certaine	Intervalle sans défaillance compris entre 1 mois et 6 mois
4	Fréquente	Intervalle sans défaillance inférieur à 1 mois

**DETECTION**

1	Signe avant coureur ( bruit, vibrations, jeu anormal, échauffement..) de la défaillance que l'opérateur pourra éviter par une action préventive, ou alerte automatique d'incident.
2	Il existe un signe avant coureur de la défaillance mais il y a risque que ce signe ne soit pas perçu par l'opérateur. Détection par inspection visuelle.
3	Le signe avant coureur de la défaillance n'est pas facilement décelable. Détection par mesure ou démontage.
4	Il n'existe aucun signe avant coureur de la défaillance. Aucune détection possible.

**EXEMPLES****Quelques exemples de causes de défaillances**

	<b>Electronique / Electromécanique</b>	<b>Hydraulique</b>	<b>Mécanique</b>
Causes internes au matériel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vieillessement</li> <li>- Composant MS ( mort subite )</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vieillessement</li> <li>- Composant MS</li> <li>- Colmatage</li> <li>- Fuite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contraintes</li> <li>- Fatigue</li> <li>- Colmatage</li> </ul>
Causes liées au milieu, à l'exploitation, à l'environnement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poussières, huile, eau</li> <li>- Chocs, vibrations</li> <li>- Echauffement local</li> <li>- Parasites, arc</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Température</li> <li>- Eau, huile, poussières</li> <li>- Echauffement local</li> <li>- Chocs, vibrations</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Température</li> <li>- Eau, huile, poussières</li> <li>- Echauffement local</li> <li>- Chocs, vibrations</li> </ul>
Causes liées à la main d'œuvre, aux outils	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabrication, montage, réglage</li> <li>- Contrôle</li> <li>- Manque énergie</li> <li>- Utilisation, outils</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabrication, montage réglage</li> <li>- Contrôle</li> <li>- Manque énergie</li> <li>- Utilisation, outils</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabrication, montage réglage</li> <li>- Contrôle</li> <li>- Manque énergie</li> <li>- Utilisation, outils</li> </ul>

**Exemples de modes de défaillance fonctionnelle et causes associées**

	<b>Electronique / Electromécanique</b>	<b>Hydraulique</b>	<b>Mécanique</b>
Pas de fonction	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Circuit ouvert</li> <li>- Court-circuit</li> <li>- Pas de réponse à la sollicitation</li> <li>- Connexion/ fil desserré</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuite</li> <li>- Circuit bouché</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Absence de jeu</li> </ul>
Pertes de fonction	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coupure ou court-circuit</li> <li>- Composant défectueux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstruction ou coupure circuit</li> <li>- Composant défectueux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rupture</li> <li>- Blocage</li> <li>- Grippage</li> </ul>
Fonction dégradée	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dérive des caractéristiques</li> <li>- Perturbations</li> <li>- Parasites</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvaise étanchéité</li> <li>- Usure</li> <li>- Perturbations</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvaise portée</li> <li>- Désolidarisation</li> <li>- Jeu</li> </ul>
Fonction intempestive	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déclenchement intempestif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coup de bélier</li> </ul>	

# Grille des coûts

ACTIONS	REDUCTIONS DES COUTS				
	M.O.	S/Trait.	Pièces	Arrêts	Stock
<b>REDUCTION DES BESOINS EN INTERVENTIONS</b>					
<b>1. Analyse et résolution des défaillances</b>					
L'impact est double : - amélioration de la disponibilité des équipements, - réduction du coût de maintenance : .- heures, .- pièces, .- sous-traitance. Notre méthode D.R.D.I est particulièrement performante. Elle distingue défaillances répétitives, défaillances dispersées et défaillances intrinsèques. Sa force est la rigueur de l'analyse soutenue par une documentation en règles de l'art qui est unique					
<b>2. Rigueur de l'opérationnel de maintenance</b>					
Les coûts de maintenance dépendent, pour une bonne part, des manières de pratiquer De mauvaises pratiques entraînent : - des prestations de durées anormales, - des risques de défaillances du matériel. Il faut introduire de la rigueur par : - des modes opératoires et règles de l'art à formaliser, - des accès à la documentation technique à organiser, - des contrôles (ou tests) en cours et après réparations, avec l'autorité de la maîtrise.					
<b>3. Consignes de fabrication définies et appliquées</b>					
Au niveau de la Fabrication, le constat est identique à celui fait pour la Maintenance en ce qui concerne les risques de défaillances. Il faut mettre en place et faire respecter des modes opératoires appropriés.					
<b>4. Eliminer des organes</b>					
Le progrès technologique permet, dans certains cas, d'éliminer des organes. Exemples : l'emploi de pompes avec moteurs à vitesse variable ne nécessite plus l'utilisation de vannes de régulation; il n'y a plus de vis platinées dans les voitures automobiles, etc. Parfois, des modifications ont éliminé l'usage d'un matériel sur lequel on intervient encore en maintenance.					
<b>5. Eliminer des besoins en prévention permanente</b>					
Exemples : roulements étanches – graisseurs automatiques – filtres auto-nettoyants – etc.					
<b>6. Eliminer des besoins en détection d'anomalies</b>					
Exemple : contrôle à distance des vigiles-ohms des TGBT, etc.					
<b>7. Qualité des pièces de rechange</b>					
• Pièces neuves, avec des modalités de réception qualitative. • Pièces réparables : assurance qualité avec des contrôles et tests lors des réparations + une garantie vis-à-vis des défauts cachés.					



**8. Qualité de la sous-traitance**

Des modalités d'Assurance Qualité sont nécessaires tant dans les contrats, que dans les contrôles et réception des différents travaux.

**9. Analyser les consommations de pièces de rechange**

Il est toujours intéressant de faire des analyses Pareto sur les consommations de pièces, puis d'analyser le pourquoi de ces consommations. On a parfois des surprises qui conduisent à réduire des achats et réparations

ACTIONS	REDUCTIONS DES COUTS				
	M.O.	S/Trait.	Pièces	Arrêts	Stock
<b>REDUCTION DES TEMPS DE MAIN D'OEUVRE</b>					
<b>10. Gestion des travaux et de l'activité, planification</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Urgences U1, U2, U3</li> <li>- Préparation des travaux : elle permet de gagner 25% des heures des travaux préparables</li> <li>- Ordonnancement et lancement (ou distribution du travail)</li> <li>- Coordination différents corps de métier.</li> <li>- Travaux prévus confiés aux postés (notamment des visites préventives).</li> </ul> <pre> graph TD     Demandes[Demands] --&gt; OT[O.T.]     OT -- 3 --&gt; Preparation[Préparation]     OT -- 2 --&gt; Planning[Planning journalier/hebdo.]     Preparation --&gt; Tableau[Tableau de charge]     Tableau --&gt; Planning     Planning --&gt; Realisation[Réalisation]     Realisation --&gt; Enregistrement[Enregistrement]           </pre>					
<b>11. Faciliter l'accès aux pièces de rechange</b>					
Catalogue des pièces – localisation et ouverture des magasins – self-services – livraisons sur chantiers, etc.					
<b>12. Développer la polyvalence</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polyvalence capacitive : il faut veiller à ce que chaque homme utilise sa compétence technique et ses capacités physiques.</li> <li>- Polyvalence technique et polyvalence géographique               <ul style="list-style-type: none"> <li>- polyvalence technique : dans la technologie et des technologies parallèles</li> <li>- polyvalence géographique : sur plusieurs matériels d'un même site.</li> </ul> </li> <li>- Equipes polyvalentes soit en permanence, soit temporairement</li> </ul>					

<b>13. Liaisons formalisées avec la fabrication</b>  Tous les jours pour les problèmes immédiats. Chaque semaine pour la planification de la semaine suivante ( ou la quinzaine ) Chaque trimestre pour l'examen du tableau de bord et les études d'améliorations. Chaque année pour le budget.				
<b>14. Structure optimisée</b>  La structure ne doit être ni trop lourde ni trop légère. Généralement on vise un ratio indirects / directs de 4,5. Par ailleurs elle doit être bien adaptée à la fonction maintenance qui n'est pas de l'entretien.				
<b>15. Regroupement de la sous-traitance</b>  Lorsqu'il y a de petites prestations les temps sont toujours majorés en raison de temps de déplacements, ou de sous-activité. Il y a toujours intérêt à regrouper avec peu de sous-traitants pour des raisons de coûts et de qualité des travaux ( sauf le cas de travaux très spécialisés )				

ACTIONS	REDUCTIONS DES COUTS				
	M.O.	S/Trait.	Pièces	Arrêts	Stock
<b>DIMINUTION DES TEMPS D'ARRETS</b>					
<b>16. Maintenance préventive</b>  On ne pratique plus la maintenance préventive d'il y a 10 ou 15 ans, avec beaucoup de remplacements systématiques. Aujourd'hui, la maintenance préventive est prédictive. De ce fait : - elle n'augmente pas le coût direct de maintenance; bien souvent, elle le réduit car elle permet la programmation. - elle est très efficace sur le plan de la prévision. On utilise de plus en plus des moyens de Contrôles Non Destructifs ( CND ).					
<b>17. Auto-maintenance</b>  L'assistance des opérateurs permet : de résoudre directement de petites pannes, de faciliter des diagnostics, d'aider les dépanneurs.					
<b>18. Diminution des fréquences d'arrêts programmés</b>  Les arrêts programmés entraînent bien sûr des pertes de temps. Différents moyens existent pour diminuer à la fois leur fréquence et leur durée : plus grande prévision, plus grande préparation, plus de moyens humains sur chaque arrêt ( sous-traitance au forfait ou en régie contrôlée )					

<b>REDUCTION DU COUT DES PIECES</b>				
<b>19. Connaître les fabricants de pièces</b>  Acheter une pièce chez le constructeur de la machine coûte souvent 3 à 5 fois le prix de vente chez le fabricant de cette pièce. Il faut utiliser toutes les formules possibles pour trouver les noms et coordonnées des fabricants de pièces non spécifiques.				
<b>20. Etablir des contrats cadres</b>  La négociation de contrats cadres avec les fournisseurs permet toujours d'obtenir des réductions de prix intéressants. Par ailleurs, des formules de « commandes ouvertes » réduisent les coûts de passation de commandes. Enfin, l'obtention de stocks en consignation permet de réduire le coût des stocks.				
<b>21. Réparer plutôt qu'acheter</b>  Il s'agit de déterminer les critères de choix puis adapter la gestion des travaux en conséquence.				
<b>REDUCTION DU COUT DE GESTION DU STOCK</b>				
<b>22. Révision des paramètres de gestion du stock</b>  Point de commande – quantité économique				
<b>23. Peignage technique des pièces</b>  Avoir en stock que des pièces pour les urgences				
<b>24. Amélioration du magasinage</b>  Vérifier si le nombre de magasiniers est bien adapté, et si des moyens modernes peuvent améliorer (self-services, codes barres..)				
<b>CONNAISSANCE DES COUTS ET HISTORIQUES</b>				

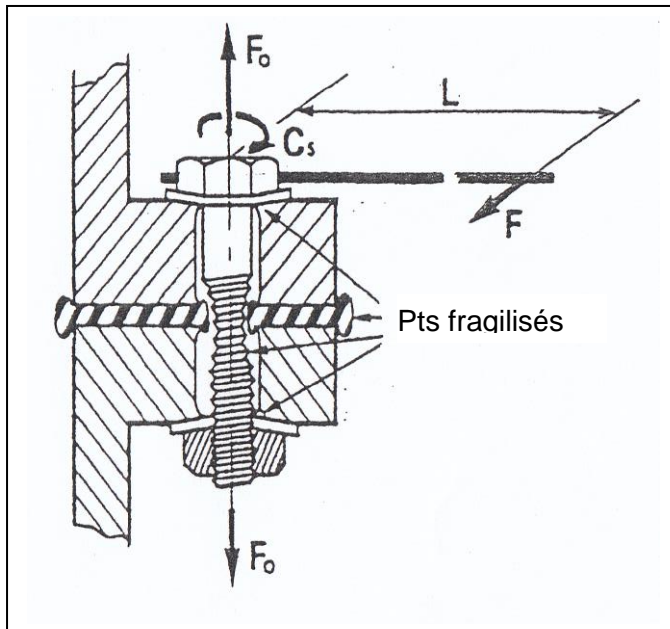
# Annexe

## Modes opératoires

- ➔ Sur les Ordres de travaux et les gammes préventives on peut parfois ajouter des informations de constructeurs.
- ➔ On peut aussi ajouter des règles de l'art telles que celles que nous figurons ci-après (extraits du Mémento de Maintenance Mécanique)

### Serrages

Avec le graissage, le respect des tolérances, les serrages font partie des 3 règles de l'art fondamentales de la mécanique.



La fiabilité des assemblés vissés nécessite la maîtrise des opérations de serrage.

L'ensemble vis-écrou est soumis à trois principaux types de contraintes

- les serrages excessifs
- les vibrations
- les écarts de température

Lors d'un serrage trop puissant le corps de vis a tendance à s'étirer jusqu'à l'approche du point de rupture.

D'autre part, les vis insuffisamment bloquées risquent de se desserrer dans des ensembles mécaniques qui, la plupart du temps, sont soumis à des vibrations. **Les règles suivantes doivent être impérativement respectées :**

- ✓ Tout écrou ( non bloquant ) doit être bloqué :: contre-écrou - rondelle éventail - goupille ou fil de blocage - point de colle (loctite) pour les vis à tête fraisée ou parker.
- ✓ La vis doit avoir une longueur supérieure de 2 à 3 filets à l'épaisseur de l'écrou.
- ✓ Une plaque de montage doit être bien fixée par deux boulons ou plus.
- ✓ Les serrages doivent être vérifiés régulièrement.
- ✓ Pour les serrages critiques, le contrôle de la position de l'écrou n'est pas suffisant. Sous l'effort, le corps de vis peut progressivement s'allonger ; pour le contrôle il faut donc pratiquer un resserrage.
- ✓ Il ne faut jamais laisser une vis cassée en l'état, car le système est fragilisé. Il faut utiliser un extracteur et la remplacer ( à l'instant ou lors d'un prochain arrêt programmé ; cela doit donc être impérativement signalé )
- ✓ Les couples de serrage sont à respecter, notamment pour les diamètres forts qui nécessitent obligatoirement l'utilisation de clés dynamométriques ou hydrauliques comme le montrent les tableaux ci-après.



Par ailleurs :

- ✓ La clé à molette doit être proscrite car elle détériore les pans des écrous et vis.
- ✓ Repérez tout montage ( coup de pointeau ou trait d'un marqueur ) avant démontage, pour éviter toute erreur au remontage.
- ✓ Veillez à vérifier tout travail lorsqu'il est terminé, même si le temps presse.

Le tableau de couples ci-après permet de connaître les couples de serrage (C en m.daN, ou Kgm) pour une contrainte totale égale à 85 % de la limite élastique de l'acier de la vis (Re en daN par mm<sup>2</sup>).

Pour connaître la valeur en fonction du diamètre de vis, il convient de se référer à la classe de qualité du boulon à serrer :

CLASSE	Résistance à la rupture Rm en daN.N/mm <sup>2</sup>	Limite élastique Re en daN/mm <sup>2</sup>
6,8	60	48
8,8	80	64
10,9	100	90
12,9	120	108

Les valeurs de couples sont données pour un coefficient de frottement moyen  $\mu = 0,15$  qui est celui de la visserie noire ou zinguée, lubrification sommaire (état de livraison).

Pour un  $\mu = 0,10$  (visserie phosphatée ou zinguée, lubrification adaptée de bonne qualité) les chiffres sont à multiplier par 0,76.

Pour un  $\mu = 0,20$  (visserie revêtue ou non, montage à sec) les chiffres sont à multiplier par 1,18.

## Couples de serrage a appliquer en fonction des classes et diamètres de vis

CLASSE	Dia VIS	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	PAS	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3
	PLAT	5,5	7	8	10	13	16	18	21	24	27	30	34	36
6,8	C	0,1	0,2	0,4	0,7	2	3	6	10	15	20	29	40	50
8,8	C	0,1	0,3	0,6	1	3	5	8	13	20	27	39	53	67
10,9	C	0,2	0,4	0,8	1	3	7	12	19	29	40	57	78	98
12,9	C	0,2	0,5	1	2	4	8	14	22	34	47	67	92	115

CLASS E	Dia VIS	27	30	33	36	39	42	45	48	52	56	60	64	68
	PAS	3	3,5	3,5	4	4	4,5	4,5	5	5	5,5	5,5	6	6
	PLAT	41	46	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
6,8	C	74	100	137	175	228	282	353	425	549	680	848	962	1123
8,8	C	99	134	182	234	304	376	471	566	732	907	1130	1283	1497
10,9	C	145	197	267	343	446	553	692	832	1074	1333	1660	1884	2199
12,9	C	170	230	313	402	522	647	809	974	1257	1559	1943	2205	2573

CLASSE	Dia VIS	72	76	80	85	90	95	100	110	115	120
	PAS	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	PLAT	105	110	115	120	130	135	145	155	165	170
6,8	C	1310	1347	1388	1558	1766	1962	2213	2636	2808	3198
8,8	C	1747	1796	1851	2078	2355	2316	2951	3515		
10,9	C	2566	2638								
12,9	C										

Dia VIS : mm PAS DE VIS : mm COTE SUR PLAT DE TETE DE VIS OU D'ECROU : mm

C : COUPLE A APPLIQUER : m.daN ou Kgm CLE DYNAMOMETRIQUE : Diamètre de vis à partir de 18 mm (plat 27 mm )CLE HYDRAULIQUE : Diamètre de vis à partir de 30 mm (plat 46 mm)

### Détermination d'un jeu par défaut

Les roulements à contact oblique (billes ou galets), qui se montent par paire, ont un jeu qui se mesure axialement.

En dehors d'une documentation du constructeur, les valeurs ci-après sont une référence pour des duretés de service moyennes

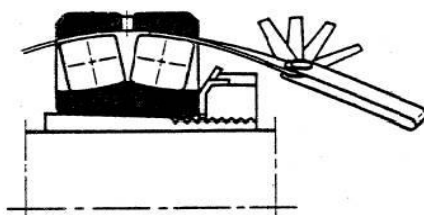
Circonférence de la collerette du cône en mètre	1,6 1,5 1,4 1,3 1,2 1,1 1,0 0,9 0,8 0,7 0,6 0,5 0,4 0,3 0,2 0,1	Dans les cases : jeu latéral en 0,001 mm														
		48	68	88	108	128	148	168	188	208	228	248	268	288	308	328
		45	64	83	102	121	140	159	178	197	216	235	254	273	292	311
		42	60	78	96	114	132	150	168	186	204	222	240	258	276	294
		39	56	73	90	107	124	141	158	175	192	209	226	243	260	277
		36	52	68	84	100	116	132	148	164	180	196	212	228	244	260
		33	48	63	78	93	108	123	138	153	168	183	198	213	228	243
		30	44	58	72	86	100	114	128	142	156	170	184	198	212	226
		27	40	53	66	79	92	105	118	131	144	157	170	183	196	209
		24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180	192
		21	32	43	54	65	76	87	98	109	120	131	142	153	164	175
		18	28	38	48	58	68	78	88	98	108	118	128	138	148	158
		15	24	33	42	51	60	69	78	87	96	105	114	123	132	141
		12	20	28	36	44	52	60	68	76	84	92	100	108	116	124
		9	16	23	30	37	44	51	58	65	72	79	86	93	100	107
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90
		3	8	13	18	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	73
		100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400														
		Vitesse à la collerette du cône en mètres/minute														

## Roulement rotulant à galets à alésage conique

Les roulements avec alésage conique sont montés, soit directement sur la portée d'arbre conique, soit sur arbre cylindrique avec interposition d'un manchon de serrage ou de démontage.

Les portées des roulements, de l'arbre et des manchons ne doivent être que légèrement huilées. Lors de la marche, l'huile a tendance à sortir et l'on perd l'avantage du serrage ; la bague ou le manchon glisse et les surfaces de contact sont détériorées.

Lors du montage du roulement sur le cône, la bague intérieure se dilate et le jeu radial est donc diminué. La réduction du jeu radial est, par conséquent, une bonne indication pour le serrage de la bague intérieure.



### Mesurer le jeu radial avant montage

Placer le roulement verticalement sur une surface de travail propre.

Faire tourner de quelques tours la bague intérieure afin que les rouleaux se mettent correctement en place.

Mesurer le jeu en glissant des cales d'épaisseurs calibrées entre le rouleau le plus haut et la bague extérieure. Effectuer la mesure au niveau de chacune des deux rangées et prendre la valeur moyenne.

### Calculer le jeu résiduel

Les valeurs de réduction à appliquer au jeu avant montage sont données au verso.

En aucun cas, le jeu résiduel ne devra être inférieur à la valeur minimale figurant dans le tableau.

### Lors du montage, contrôler le jeu

Enfoncer le roulement sur sa portée. Contrôler fréquemment le jeu pendant l'enfoncement. Effectuer la mesure dans la zone déchargée.

### Mesure de l'enfoncement axial

Pour les petits roulements, ou lorsque l'espace est limité et ne permet pas la mesure du jeu au cours du montage, le serrage correct peut être obtenu en contrôlant l'enfoncement axial de la bague intérieure sur sa portée.

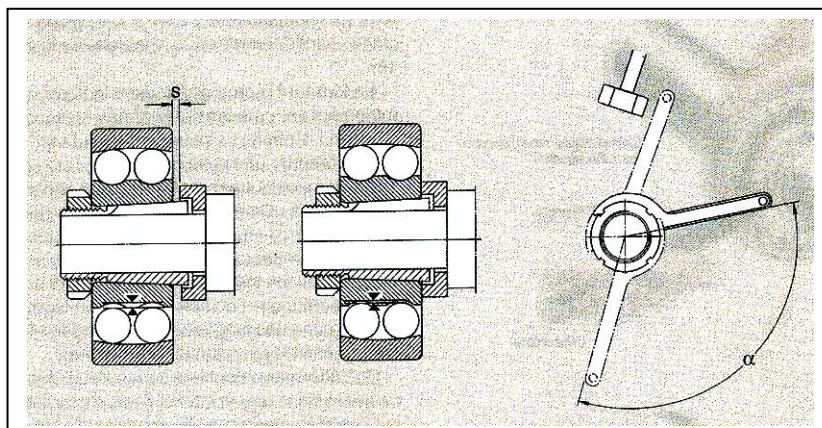


Diamètre d'alésage		Réduction du jeu radial		Enfoncement axial mm				Jeu résiduel minimal après montage		
>	<	min	max	Conicité 1 : 12		Conicité 1 : 30		Normal	C3	C4
mm		µm		min	max	min	max	µm		
24	30	15	20	0,3	0,35			15	20	35
30	40	20	25	0,35	0,4			15	25	40
40	50	25	30	0,4	0,45			20	30	50
50	65	30	40	0,45	0,6			25	35	55
65	80	40	50	0,6	0,75			25	40	70
80	100	45	60	0,7	0,9	1,7	2,2	35	50	80
100	120	50	70	0,75	1,1	1,9	2,7	50	65	100
120	140	65	90	1,1	1,4	2,7	3,5	55	80	110
140	160	75	100	1,2	1,6	3,0	4,0	55	90	130
160	180	80	110	1,3	1,7	3,2	4,2	60	100	150
180	200	90	130	1,4	2,0	3,5	5,0	70	100	160
200	225	100	140	1,6	2,2	4,0	5,5	80	120	180
225	250	110	150	1,7	2,4	4,2	6,0	90	130	200
250	280	120	170	1,9	2,7	4,7	6,7	100	140	220
280	315	130	190	2,0	3,0	5,0	7,5	110	150	240
315	355	150	210	2,4	3,3	6,0	8,2	120	170	260
355	400	170	230	2,6	3,6	6,5	9,0	130	190	290
400	450	200	260	3,1	4,0	7,7	10,0	130	200	310
450	500	210	280	3,3	4,4	8,2	11,0	160	230	350
500	560	240	320	3,7	5,0	9,2	12,5	170	250	360
560	630	260	350	4,0	5,4	10,0	13,5	200	290	410

## Roulement rotulant à billes à alésage conique

En général, la méthode est basée sur l'angle de serrage  $\alpha$  ou sur le déplacement axial  $s$ . En tournant l'écrou de l'angle  $\alpha$  indiqué, le roulement sera pressé sur la portée conique du manchon. Comme le roulement a tendance alors à prendre une position oblique, il est conseillé de repositionner la clé dans une encoche à 180° de celle utilisée pour serrer, puis de donner un léger coup de marteau sur la clé. Le roulement se redressera sur sa portée. On enlève ensuite l'écrou, on insère la rondelle-frein et on replace l'écrou que l'on serre et que l'on bloque en repliant l'une des languettes de la rondelle-frein. Vérifier enfin le jeu résiduel du roulement.

Une alternative consiste à mesurer le déplacement  $s$  de la bague intérieure du roulement sur la portée conique au lieu d'utiliser l'angle de serrage.



Dia. alésage roult	Angle de serrage	Déplacement axial s Séries :				Jeu résiduel Jeu initial :	
d	$\alpha$	12K	13K	22K	23K	Norm.	C3
mm	degrés	mm	mm	mm	mm	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
20	70	0,22	0,23	-	-	10	20
25	70	0,22	0,23	0,22	0,23	10	20
30	70	0,22	0,23	0,22	0,23	10	20
35	70	0,30	0,30	0,30	0,30	10	20
40	70	0,30	0,30	0,30	0,30	10	20
45	70	0,31	0,34	0,31	0,33	15	25
50	70	0,31	0,34	0,31	0,33	15	25
55	90	0,40	0,41	0,39	0,40	15	30
60	90	0,40	0,41	0,39	0,40	15	30
65	90	0,40	0,41	0,39	0,40	15	30
75	120	0,45	0,47	0,43	0,46	20	40
80	120	0,45	0,47	0,43	0,46	20	40
85	120	0,58	0,60	0,54	0,59	20	40
90	120	0,58	0,60	0,54	0,59	20	40
95	120	0,58	0,60	0,54	0,59	20	40
100	120	0,58	0,60	0,54	0,59	20	40
105	120	0,67	-	0,66	-	25	55
110	120	0,67	0,70	0,66	0,69	25	55
120	120	0,67	-	-	-	25	55

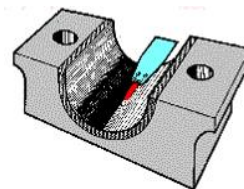
### Contrôle du jeu d'un coussinet

Le contrôle du jeu d'un coussinet se pratique par la technique du « **Plastigage** »

On détermine la valeur du jeu diamétral en mesurant la largeur d'un fil de dimensions connues après écrasement.

Il est recommandé de poser le fil plastique dans l'eau chaude pour le ramollir ; ensuite le fil est placé à sec sur le palier du vilebrequin puis écrasé lors de la mise en place et serrage au couple recommandé du chapeau de palier

Une fois le chapeau déposé, on mesure la largeur du fil écrasé grâce à l'échelle imprimée sur l'étui, qui convertit directement cette valeur en jeu



## Fluides des garnitures mécaniques

### **Fluide de barrage** ( garnitures double effet )

Le fluide de barrage doit être exempt de matières solides, ne doit pas former de dépôts, doit avoir un point d'ébullition aussi haut que possible, une bonne conductivité thermique, et une viscosité réduite.

La sortie du fluide de barrage est prévue au point le plus haut du compartiment d'étanchéité pour éviter une formation éventuelle de bulles de gaz.

Avant la mise en service des garnitures mécaniques à double effet, la circulation du fluide de barrage doit être assurée.

La pression de barrage doit être de l'ordre de 2 bars ( 1,5 est un minimum ) au-dessus de la pression interne à étancher.

Le débit doit être réglé de façon que la température de sortie ne dépasse pas 60°C.

### **Arrosage par « quench**

Avec un blocage correspondant de la bague fixe, la pression du quench ne doit pas dépasser 1 bar.

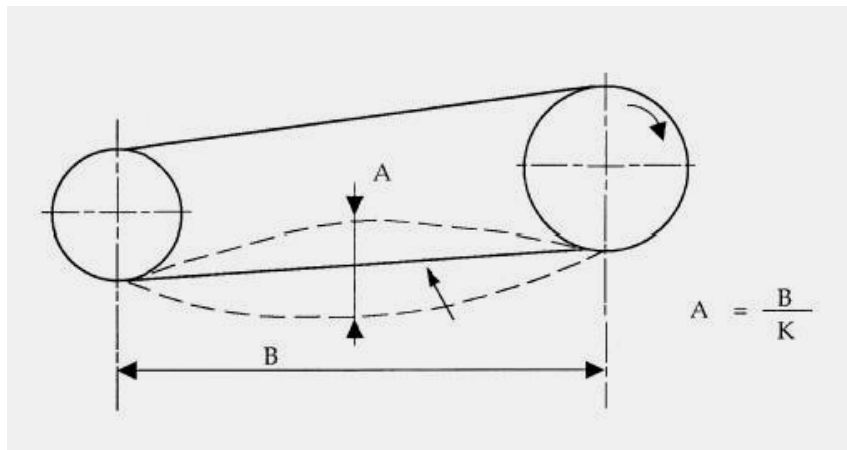
### **Purge de l'air**

Purgez soigneusement l'air hors de la chambre de barrage après le montage de la garniture double, surtout s'il s'agit d'une garniture qui ne peut se purger automatiquement, ou qui ne le peut que dans certaines conditions, par exemple : garniture à double effet avec système de pression de barrage.

## Contrôle des chaînes

### → Contrôle de la tension de la chaîne

- Consigner l'installation.
- Contrôler l'alignement des roues dentées.
- Contrôler la tension de chaîne, régler si nécessaire par déplacement de l'un des arbres. La chaîne doit être tendue de façon à permettre un battement A entre les positions haute et basse d'un point pris au milieu du brin mou.



A = battement total ( en mm )

B = projection de l'entraxe sur l'horizontale ( en mm )

K = coefficient

25 pour transmission à charge régulière

50 pour transmission avec coups

Pour les transmissions verticales, le battement total A doit être égal à la moitié du pas de la chaîne.

### → Mesure de l'usure de la chaîne

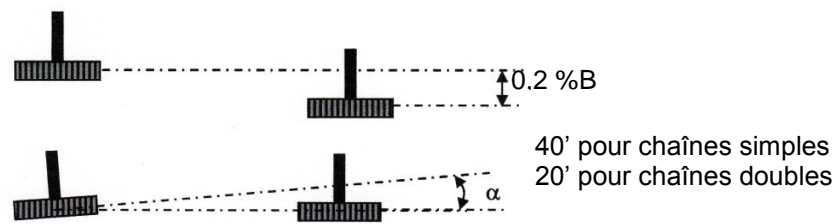
L'usure d'une chaîne doit être déterminée à l'aide de la **règle de mesure** fournie par le fabricant de chaînes.

#### Limite d'usure

En règle générale, une chaîne est considérée comme usée quand le pourcentage d'allongement atteint :

- 2 % en général,
- 1 % pour les chaînes à pas long,
- 0,7 à 1 % pour les chaînes de transmissions sans réglage possible d'entraxe.

➔ Contrôle d'alignement

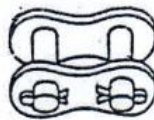


Attache rapide

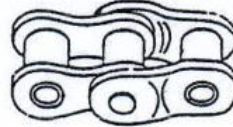


←  
Sens de la chaîne

goupilles



Coudé



Affaiblissement = 20 %

## Contrôle des courroies de transmission

**La durée de vie des courroies, et des roulements de poulies, dépend de leur montage et du contrôle de leur tension.**

### Démontage

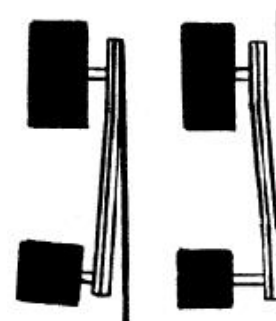
- Consignez l'installation.
- Démontez toutes les courroies : ne pas mélanger neuves et anciennes – ne pas utiliser tournevis ni burin.
- Avec calibres fournis par constructeurs, contrôlez l'état des gorges des poulies.

### Montage

- Montez toujours un jeu complet de courroies appariées :
  - dimensions des courroies de tolérances UNISSET : ne se préoccuper de rien ;
  - autres : montez des courroies à repères identiques.
- Pour nettoyage : mélange glycérine – alcool (proportion 1/10).  
A proscrire : solvants et objets à arêtes vives.
- Montez les courroies à la main, sans forcer, en utilisant les possibilités de tensionnement.  
A proscrire : levier, « roulement » des courroies dans les gorges.
- Ne pas utiliser d'enduit adhésif.

### Réglage de l'alignement, avec :

- une latte rectiligne
- ou un ruban d'acier pour les transmissions à entraxes importants,
- l'appareil de lignage laser pour courroies



Le déport sur l'alignement des poulies ne peut pas dépasser :  
0,5° ou 5mm par 500 mm d'entraxe pour les courroies trapézoïdales  
0,25° ou 2,5mm par 500 mm d'entraxe pour les courroies dentées

### Réglage de la tension

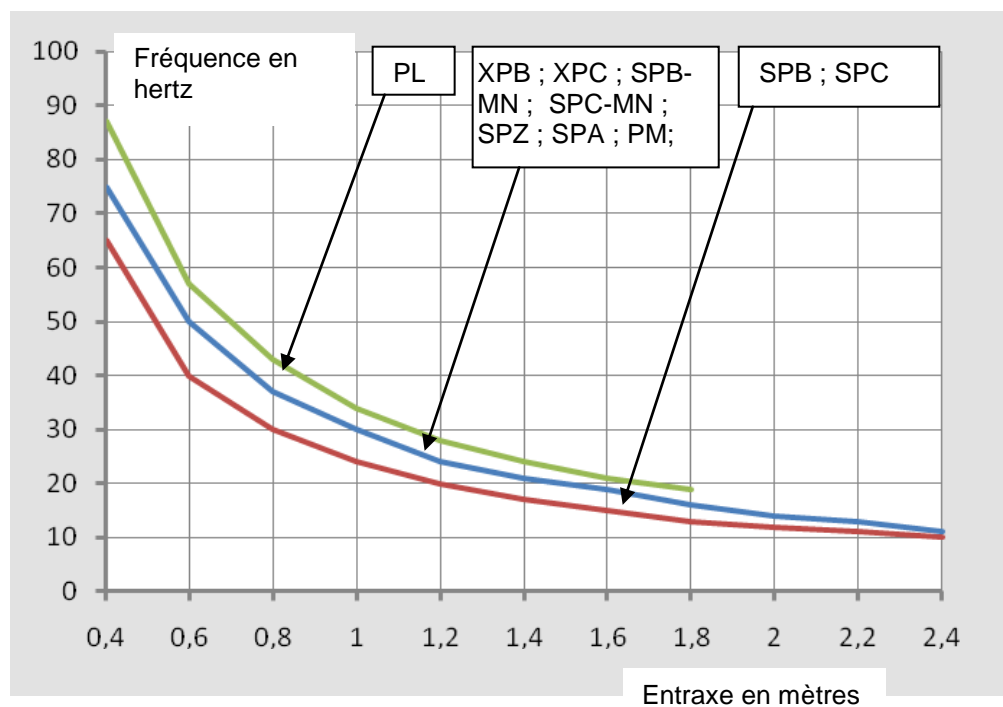
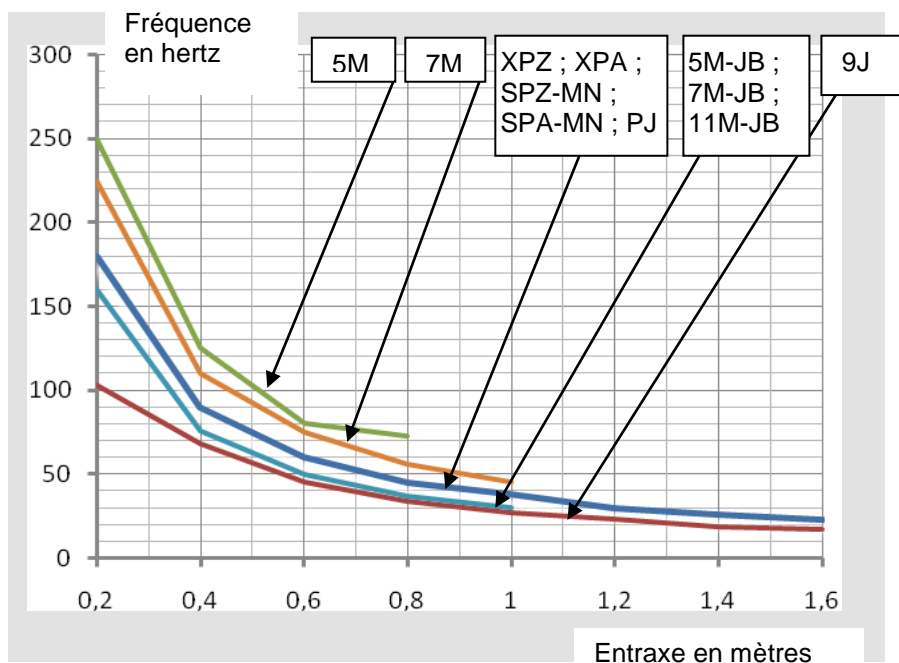
- ✓ Une solution simple consiste à pouvoir tourner la courroie de 90°, mais pas plus.
- ✓ La solution moderne consiste à utiliser un contrôleur de tension appelé tensiomètre (vendu par les fabricants de courroies)

- Tapez légèrement sur la courroie, et relevez la valeur vibratoire à l'aide de l'appareil spécifique.
- Comparez avec la valeur de référence .
- Tendez la courroie et refaites la mesure.
- Répétez éventuellement l'opération jusqu'à l'obtention de la bonne valeur.



Une bonne formule est que le fabricant de courroies vous calcule les différentes références. En l'absence de celles-ci l'abaque ci-après vous permet de trouver la valeur de fréquence correspondant à une bonne tension, pour les courroies trapézoïdales.

Pour les courroies dentées (ou synchrones) il faut demander le calcul de la valeur par le fabricant des courroies concernées.





## Remplissage des réservoirs hydrauliques

- ➔ Le volume de l'huile emmagasinée dans le réservoir est généralement compris entre 2 et 3 fois le débit minute de la ou des pompes installées.  
De plus il faut prévoir un espace libre au-dessus du bain d'huile, ce qui fait que le volume total du réservoir représente 3 à 4 fois le débit minute.  
Toutefois si l'installation comporte des vérins simple effet, il faut tenir compte de la variation de volume apportée par le fonctionnement de ces vérins et vérifier que :
  - toute l'huile contenue dans les vérins peut bien retourner au réservoir et laisser un volume libre suffisant pour le dégazage ( 10 à 20% ).
  - toutes les crépines sont encore immergées d'au moins 20 cm quand tous les vérins sont alimentés.
- ➔ Un soin particulier doit être apporté à l'aspiration et aux raccordements de la tuyauterie d'aspiration, pour éviter toute entrée d'air.  
L'air dans l'huile provoque :
  - un échauffement anormal,
  - des chocs dans la pompe,
  - des mouvements irréguliers dans les vérins et moteurs,
  - une détérioration de l'huile.
- ➔ Pour protéger l'intérieur du réservoir des effets de la condensation et de l'action chimique du fluide, les parois doivent être recouvertes d'un produit isolant.  
Pour les fluides ininflammables on utilise une peinture isolante spéciale compatible avec le fluide ou, mieux, un bac en acier inoxydable.
- ➔ Dans le réservoir, on va retrouver toutes les impuretés, liquides, solides ou boues entraînées par l'huile.  
Il faut donc périodiquement le nettoyer
  - vidange,
  - grattage si nécessaire,
  - rinçage ( avec un solvant compatible avec le fluide ),
  - séchage et dépoussiérage.
- ➔ Avec l'hydraulique proportionnelle, il faut toujours remplir avec de l'huile filtrée à 3 ou 10  $\mu$
- ➔ Ne pas oublier de purger les vérins et au niveau du bloc hydraulique après vidange complète et remplacement de l'huile.

## Accumulateurs : contrôle et remplissage en azote

### Périodicités de contrôle

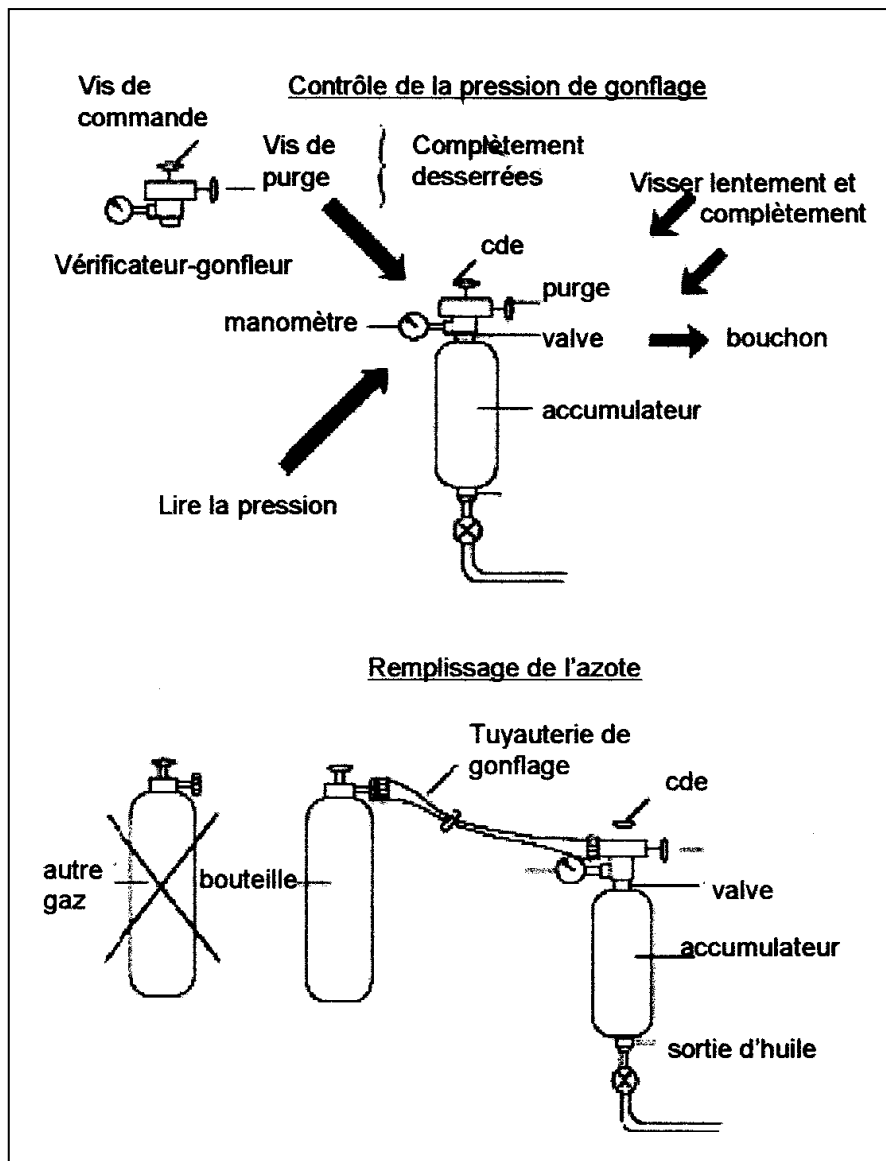
- A la première mise en service : au bout de 50 heures.
- Ensuite augmenter progressivement les fréquences pour aboutir à la périodicité finale : 1000 à 1500 heures selon les conditions d'exploitation.

### Contrôle de la pression de gonflage

- S'assurer que l'accumulateur est complètement déchargé côté huile et que l'huile de la conduite raccordée à l'accumulateur est à la bêche :  $P = 0$ .
- S'assurer que la vis de purge et la vis de commande du clapet sur le vérificateur sont complètement desserrées.
- Oter le bouchon ou le chapeau qui recouvre la valve de gonflage de l'accumulateur et monter à la main le vérificateur gonfleur.
- Serrer complètement la vis de purge.
- Visser lentement la vis de commande du clapet ( à la main on doit sentir l'instant où la vis entre en butée avec le clapet ).
- Contrôler la pression.

### Remplissage en azote

- Raccorder le flexible spécial au vérificateur gonfleur et à la bouteille d'azote.
- Ouvrir le robinet de la bouteille d'azote très progressivement, et contrôler la pression au manomètre.
- Le remplissage étant terminé :
  1. fermer la bouteille d'azote,
  2. desserrer complètement la vis de commande du clapet,
  3. démonter le vérificateur après contrôle de la pression au manomètre (  $P = 0$  )
  4. démonter le flexible en commençant côté vérificateur,
  5. remonter le bouchon ou chapeau sur la valve de l'accumulateur.



### Accumulateurs : contrôle sur l'huile

- Monter un manomètre en sortie sur l'accumulateur.
- Charger l'accumulateur au moyen de la pompe, puis, la pression maximale étant atteinte, isoler la pompe.
- Purger alors lentement l'accumulateur au travers du limiteur de débit réglé au minimum.
- Observer attentivement le manomètre.

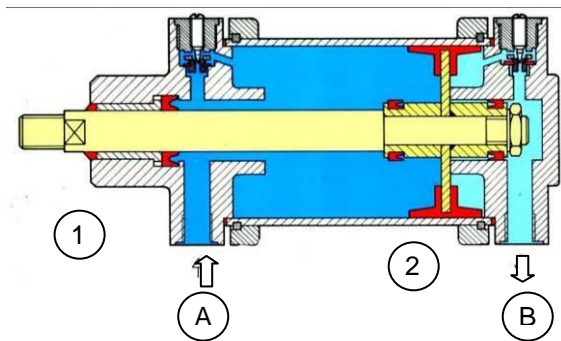
L'aiguille descend lentement pendant la décharge. Arrivée à la pression de gonflage, la soupape de l'accumulateur se ferme, poussée par la vessie.

N'ayant plus de débit dans la conduite qui se purge, la pression tombe brusquement à zéro.

La pression lue, juste avant cette chute, correspond à la pression de gonflage.

- Répéter l'opération plusieurs fois pour être certain de la lecture.

## Contrôle d'usure d'un vérin pneumatique



Les 2 points d'usure essentiels sont en (1) et en (2) (piston avec ou sans joints à lèvres ou profilés )

Pour (1) il suffit de contrôler l'absence de fuite externe.

Pour (2) il faut amener le piston à fond (côté droit) et vérifier l'absence d'arrivée d'air en (B) , en plongeant l'embout d'une tuyauterie dans un seau d'eau , puis d'observer s'il y a ou non des bulles d'air.

C'est une opération simple qu'on ne peut pas malheureusement pratiquer avec les vérins hydrauliques.

On pourrait aussi contrôler la vitesse de déplacement, mais ce n'est pas toujours facile à réaliser.

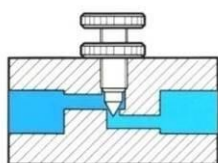
## Réglage de vitesse d'un vérin pneumatique

La vitesse de travail d'un vérin pneumatique peut être réglée par étranglement, soit par l'orifice d'admission, soit sur l'orifice d'échappement ou soit sur les 2 orifices à la fois ( cas des vérins double effet )

Ce réglage se fait à l'aide de limiteurs de débit.

Comme son nom l'indique , le limiteur de débit sert à modifier le débit d 'air , ponctuellement dans un circuit pneumatique selon un réglage défini.

Le réglage se fait par une vis blocable qui étrangle le passage de l 'air comprimé

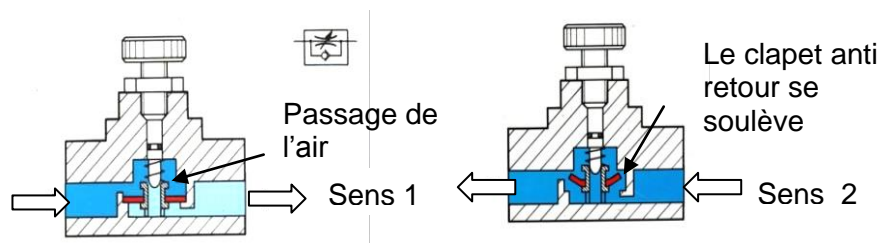


Pour le contrôle de la vitesse des vérins l'étranglement n 'agit que dans un seul sens

Le clapet anti retour assure le plein débit dans le sens opposé

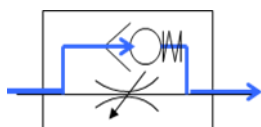
Généralement ces limiteurs sont directement intégrés dans des raccords qui sont montés sur les orifices des vérins

Un limiteur de débit ne doit jamais être complètement fermé

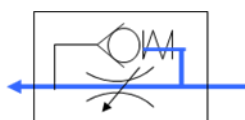


Plein passage dans un sens

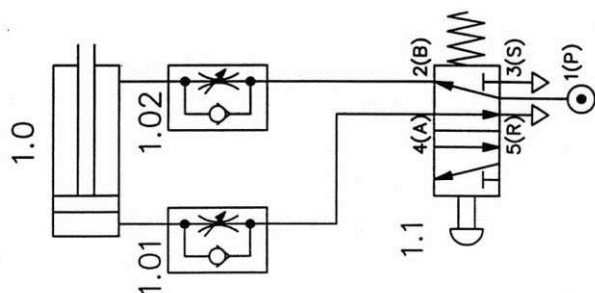
Passage réduit dans l'autre sens



L 'air pousse la bille du clapet assurant un plein passage



La bille est poussée sur le siège et l 'air est obligé de passer par la restriction réglable



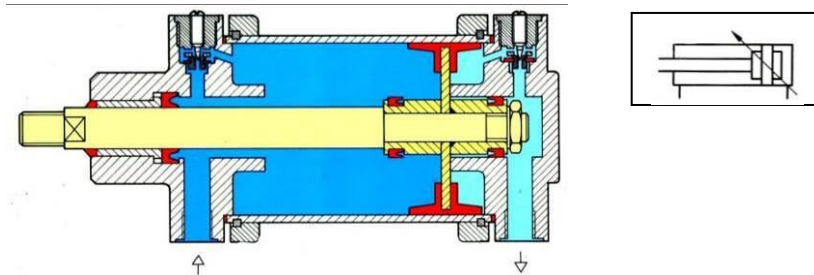
L'air entre librement dans le vérin et l'étranglement se fait à l'échappement. C'est toujours ce montage que l'on adoptera en standard lors de réglage de vitesse sur un vérin

Montez chaque limiteur avec le symbole orienté comme sur le schéma.

Pour ralentir la tige en **sortie** : Régler sur l'orifice de **devant**

Pour ralentir la tige en **rentrée** : Régler le sur l'orifice de **derrière**

## Réglage de l'amortissement d'un vérin pneumatique



### Rôle de l'amortissement:

Pour des masses importantes en mouvement et éviter chocs et vibrations.

### Fonctionnement :

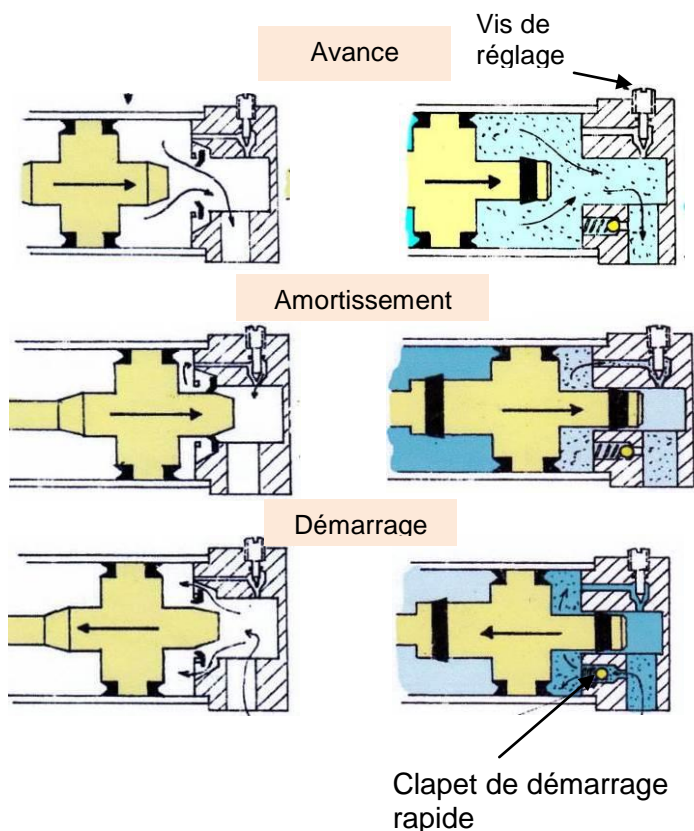
- Piston d'amortissement
- Interruption de l'échappement direct
- Etablissement d'un coussin d'air dans l'espace obturé
- Faible passage d'évacuation réduisant progressivement la vitesse à travers un limiteur réglable.
- A l'inversion, l'air pénètre librement en soulevant la bille du clapet anti retour et le piston peut avancer à pleine puissance.

### Réglage

Serrer la vis de réglage

Desserrer progressivement jusqu'à obtention de la vitesse désirée.

Le serrage complet empêche le vérin d'aller en fin de course.



Clapet de démarrage rapide

## Prise d'échantillon pour analyse d'huile

### → Conditions à respecter avant de commencer le travail

- Assurer la sécurité en fonction de la pression et/ou de la température de l'huile.
- Tout prélèvement doit être effectué lorsque le système est en fonctionnement ou juste après l'arrêt de façon à obtenir un échantillon représentatif non décanté.
- Le fluide sera recueilli dans un flacon propre, en verre, d'une contenance de 0,2 à 0,3 litre. Ce flacon aura une fermeture hermétique et fiable (il existe des flacons normalisés AFNOR E-48654, disponibles auprès des pétroliers ou des laboratoires d'analyse).

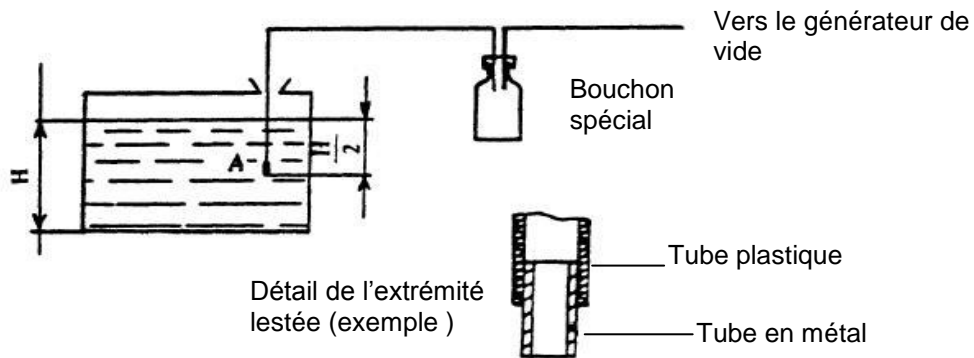
### → Méthode de prélèvement dynamique ( prise d'échantillon en ligne )

1. S'assurer que le système a fonctionné pendant ½ heure au minimum avant le prélèvement.
2. Ouvrir la prise d'échantillon et laisser couler 0,5 à 1 litre d'huile pour la rincer. Ne pas la refermer.
3. Approcher le flacon du jet et recueillir environ 0,2 l d'huile. **Ne jamais modifier l'ouverture de la prise d'échantillon pendant le remplissage du flacon.**
4. Retirer le flacon du jet et ensuite seulement refermer la prise d'échantillon.
5. Remplir l'étiquette du flacon et la fiche de prélèvement :
  - identification de la machine et du point ou circuit,
  - type de l'huile utilisée,
  - date et heure du prélèvement,
  - nom de l'opérateur.

### → Méthode de prélèvement à l'arrêt ( non conseillé )

1. S'assurer que le système a fonctionné pendant ½ heure au minimum avant le prélèvement.  
Lorsque aucun dispositif de prélèvement en ligne n'est prévu, on peut prélever un échantillon à partir du réservoir en appliquant la procédure suivante ( voir schéma ).  
Matériel nécessaire : un bouchon de flacon spécial, une pompe à vide manuelle ou une seringue normalisée.
2. Choisir un orifice permettant l'introduction directe de la tuyauterie lestée A.
3. Nettoyer le bouchon spécial et la tuyauterie A.
4. Visser le bouchon spécial sur le flacon.
5. Créer le vide pour remplir le flacon jusqu'à épaule ( 200 ml ). Supprimer le vide.
6. Dévisser le bouchon spécial, revisser le bouchon d'origine du flacon.
7. Remplir l'étiquette et la fiche de prélèvement.



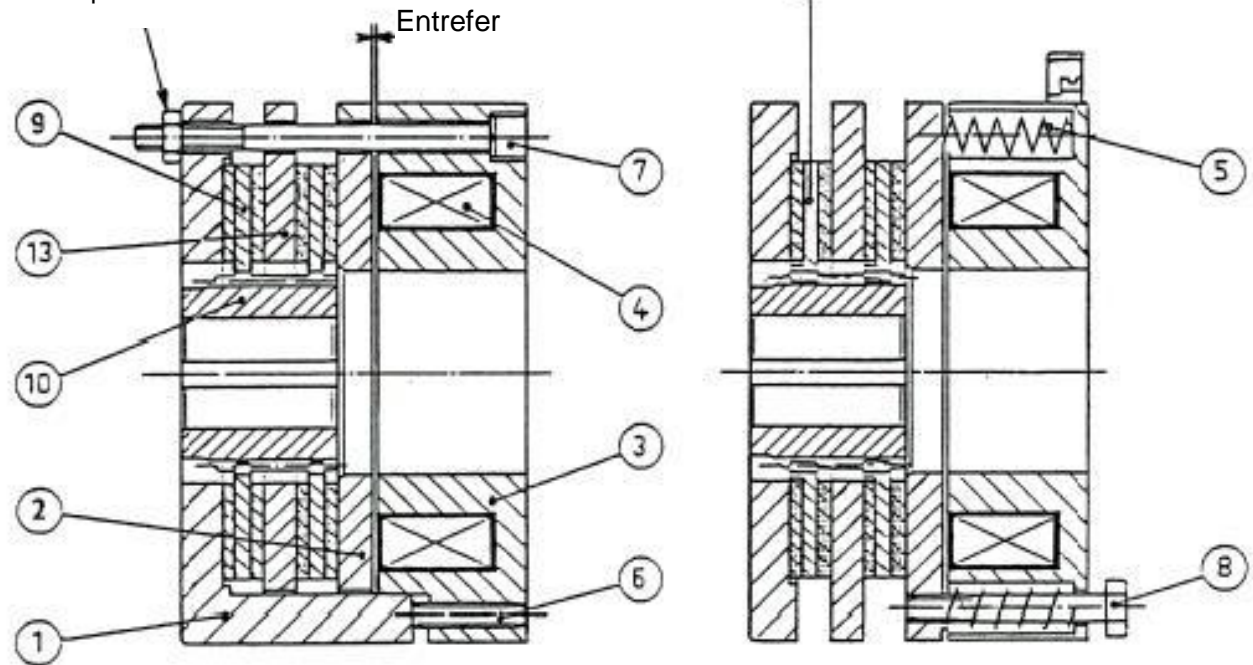


### ➔ **Erreurs habituelles à éviter**

- Echantillon pris à la surface ou en fond de cuve.
- Echantillon pris après un temps d'arrêt trop long.
- Flacon pollué ou en matière soluble à l'huile ( bouchon inclus ).
- Prise d'échantillon non rincée (en laissant couler environ 0,5 l).
- Echantillon pris à une température trop basse ou trop haute (prélever à la température normale de fonctionnement).
- Prélèvement direct par une seringue polluée.

## Réglage d'un frein classique

Ecrou pour  
le transport



- 1 - Plateau de friction
- 2 - Armature mobile
- 3 - Inducteur d'électro-aimant
- 4 - Bobine d'électro-aimant
- 5 - Ressort
- 6 - Vis de réglage
- 7 - Vis de fixation

- 8 - Vis de compression
- 9 - Disque garni
- 10- Noyau
- 11- Garniture
- 12- Boulon
- 13- Disque intermédiaire

### Réglage de l'entrefer

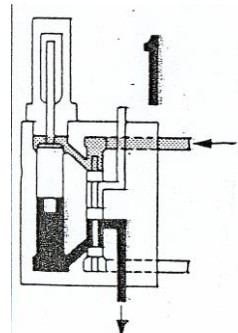
- Pour diminuer la valeur de l'entrefer : desserrer d'un tour environ les vis (7) de fixation, puis dévisser légèrement les vis de réglage (6) de la valeur nécessaire. Bloquer ensuite les vis (7) de fixation.
- Exécutez quelques manœuvres, moteur arrêté, contrôler l'entrefer en plusieurs points. La cale doit passer avec un léger pincement. En l'absence de valeur prendre 0,3 mm.

## Contrôle des doseurs de graissage

L'opération consiste à manœuvrer l'inverseur du poste central et à vérifier la position de la tige du piston graisseur, visible de l'extérieur

### POSITION 1 :

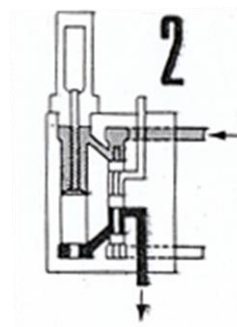
Le lubrifiant mis sous pression par la pompe, admis par l'orifice supérieur d'alimentation, repousse vers le bas le piston pilote et peut passer vers la chambre supérieure du piston graisseur.



### POSITION 2 :

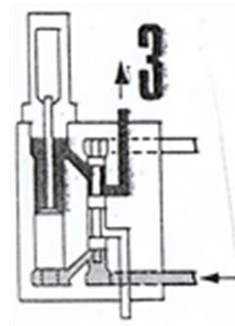
Le lubrifiant sous pression toujours admis par l'orifice supérieur repousse vers le bas le piston graisseur qui refoule vers le point auquel est raccordé l'orifice de décharge inférieur la dose contenue dans sa chambre.

Le circuit est clos et le lubrifiant admis ne peut plus passer



### POSITION 3 :

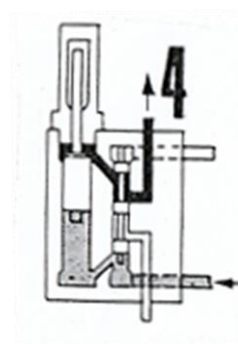
Si l'on manœuvre l'inverseur du poste central, le lubrifiant mis sous pression par la pompe est alors admis par l'orifice inférieur d'alimentation. Il repousse vers le haut le piston pilote et peut passer vers la chambre inférieure du piston graisseur.



### POSITION 4 :

Le lubrifiant sous pression étant toujours admis repousse vers le haut le piston graisseur qui refoule vers le point auquel est raccordé l'orifice de décharge supérieur la dose contenu dans sa chambre.

Le circuit à nouveau est clos.

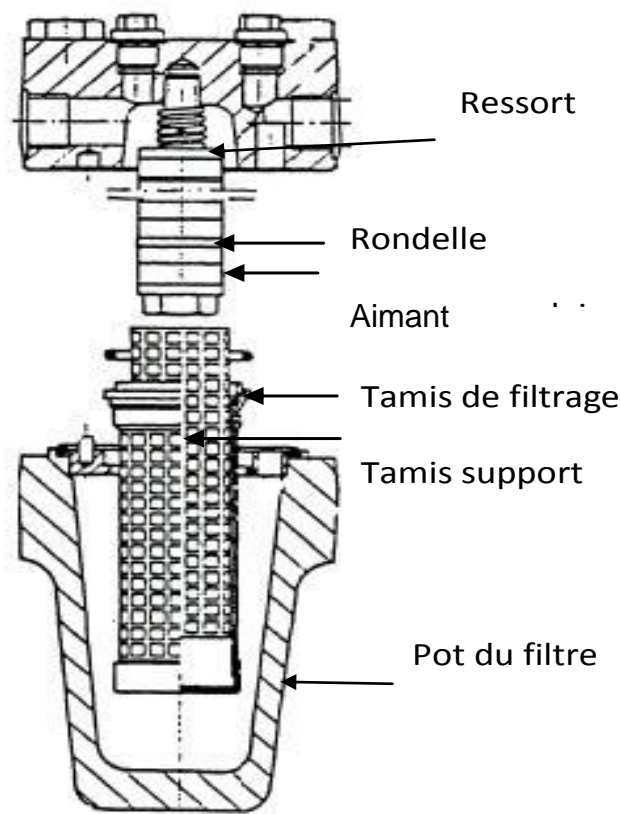


## Entretien des filtres magnétiques

### Description

Le filtre magnétique se compose d'une cuve cylindrique en tôle, se fermant par un couvercle étanche en acier, et renfermant intérieurement un dispositif magnétique et un panier filtre.

Le dispositif magnétique est constitué par une ou plusieurs rangées circulaires de brochettes, formée chacune d'aimants cylindriques en ticonal étagés entre des plaques polaires en acier doux (rondelles).



Le tout est assemblé par un tirant central en laiton. Ces brochettes sont elles-mêmes fixées sur des couronnes intercalaires.

Ce dispositif magnétique est entouré par le panier filtre circulaire, formé d'une enveloppe perforée en tôle, raidissant intérieurement une mince tôle de cuivre finement perforée avec interposition d'une toile laiton formant entretoise.

### Fonctionnement

Pénétrant par la tubulure supérieure le pétrole, ou l'huile, traverse d'abord les rangées de brochettes d'aimants, qui retiennent au passage les limailles véhiculées, puis le panier filtre arête les autres impuretés. Filtré, le liquide s'écoule par la tubulure de sortie (position basse ou haute suivant les types).

### Mise en service

Tenir compte, lors du montage, du sens de passage indiqué sur le filtre. Il faut purger absolument le filtre de l'air qu'il contient avant la première mise en service ou après le nettoyage.

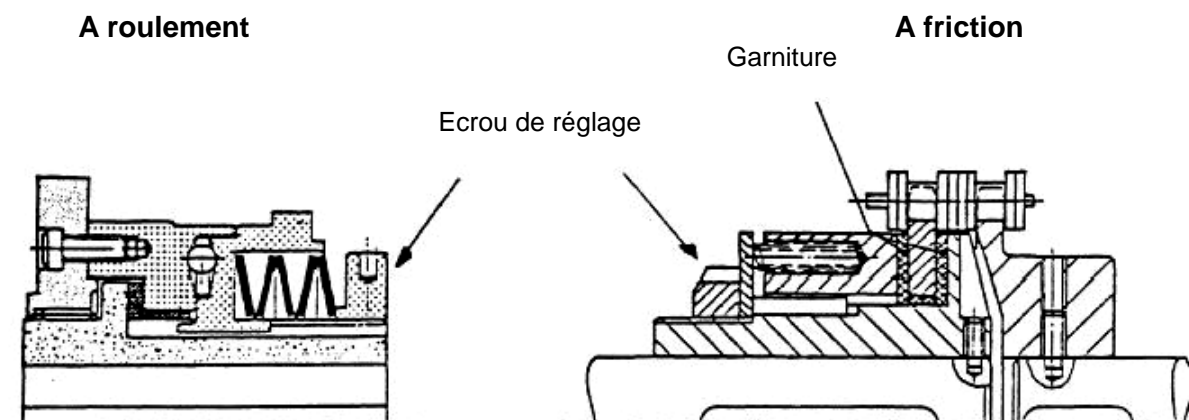
### Visite

Visitez périodiquement le filtre qui s'encrasse après un certain temps de service. Une négligence de ces visites peut provoquer la détérioration du panier filtre. Une solution consiste à brancher un manomètre sur l'entrée et un autre sur la sortie ; ils permettent de se rendre compte si le filtre a besoin d'être nettoyé, ce qui est le cas lorsque la pression différentielle augmente.

### Démontage et nettoyage

- Avant d'ouvrir le filtre
  - Ouvrir le by-pass contournant le filtre.
  - Interrompre le passage par le filtre.
  - Ouvrir une vis de purge d'air.
- Ouverture et nettoyage
  - Nettoyez le panier filtrant et les plaques polaires encrassées de limaille au jet d'eau froide, ou au jet de vapeur, les aimants ne perdant leur aimantation qu'à partir d'une température de 400°C.
  - Les aimants ne doivent jamais être désaccouplés des plaques polaires au risque de diminuer fortement le pouvoir d'aimantation.  
Il faut veiller à ce que les aimants annulaires s'attirent par paire mais repoussent la paire d'à côté.

## Réglage d'un limiteur de couple mécanique



### ➔ Réglage avec charge maximale connue

Effectuer un essai avec la charge maximale admissible ( mouvements )

#### 1. Le limiteur reste enclenché

- Desserrer l'écrou de réglage par approches successives ( ex : 1 tour ) jusqu'à ce que le limiteur déclenche.
- Serrer l'écrou de réglage par approches successives plus fines ( ex :  $\frac{1}{4}$  tour ) pour obtenir l'enclenchement du limiteur.
- Serrer l'écrou de réglage de  $\frac{1}{4}$  tour et le bloquer ( vis, rondelle-frein... )
- Effectuer un nouvel essai de fonctionnement ( mouvements )
- 

#### 2. Le limiteur déclenche ( avec charge maximale admissible )

Avant de procéder au réglage, il est conseillé de vérifier l'état mécanique de la chaîne cinématique ( présence éventuelle de durs mécaniques provoquant le déclenchement )

- Serrer l'écrou de réglage par approches successives ( ex : 1 tour ) jusqu'à ce que le limiteur reste enclenché.  
Si l'écrou de réglage est serré au maximum et le limiteur déclenche toujours :
  - Présence de durs mécaniques dans la chaîne cinématique et/ou
  - Démontez le limiteur de couple et contrôlez l'état des garnitures ( limiteur à friction ) ou remplacer le limiteur.
- Desserrer l'écrou de réglage par approches successives plus fines ( ex :  $\frac{1}{4}$  tour pour obtenir le déclenchement du limiteur )
- Serrer l'écrou de réglage pour atteindre la limite d'enclenchement.
- Serrer l'écrou de réglage de  $\frac{1}{4}$  tour et le bloquer ( vis, rondelle-frein... )
- Effectuer un nouvel essai de fonctionnement ( mouvements )

### ➔ Régler avec charge maximale inconnue

- Effectuer un essai de fonctionnement ( mouvements )
- Suivre la procédure 1 ou 2 suivant le cas.

## Réglage d'un limiteur de couple à huile

### Utilisation

Ce genre d'appareil peut avoir 2 emplois :

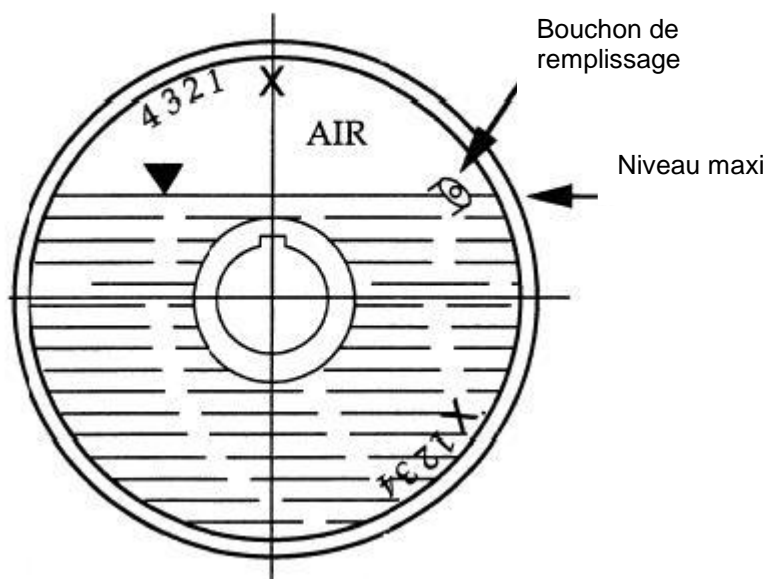
1. Comme limiteur de couple pour protéger les organes de commande. C'est le cas le plus courant, bien que les systèmes à huile soient de plus en plus remplacés par des systèmes à poudre.
2. Comme coupleur hydraulique.

### Contrôle de niveau d'huile

Suivant le mode de remplissage adopté ( X, 1, 2, 3 ou 4 ) tourner le limiteur de couple de telle sorte que la graduation x, ou 1, ou 2, 3 ou 4 soit dans l'axe vertical. L'huile doit être au niveau du trou de remplissage.

Si l'appareil fonctionne en limiteur de couple il faut connaître la correspondance graduation – couple d'une part et la valeur de couple limite d'autre part pour fixer la valeur de réglage ( voir documentation ). Ne jamais mettre le trou à la vertical, car alors le système fonctionne comme un accouplement rigide.

Si l'appareil fonctionne en coupleur, c'est avec le remplissage X (maximum) que le coupleur travaille avec un glissement minimal et un rendement maximal.



### Conditions de température

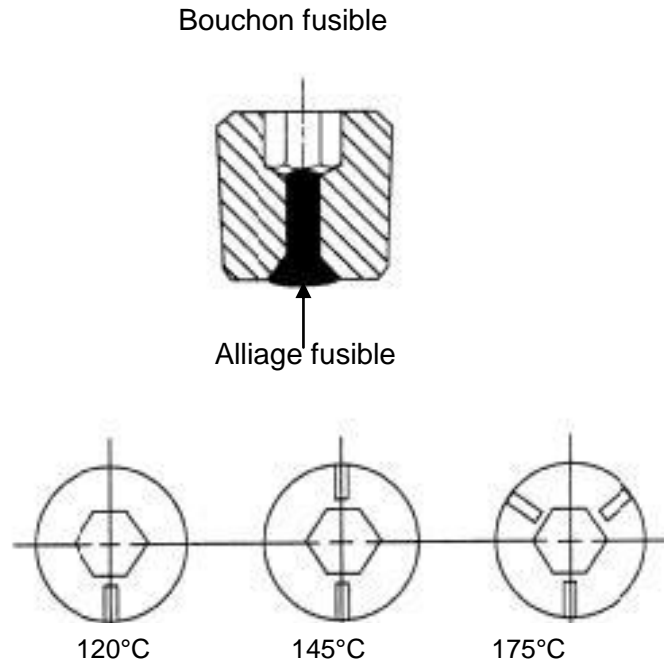
La température maximum est de 90°C.

Suivant le type de bouchon fusible choisi (en option) le coupleur peut supporter jusqu'à 120°C, 145°C ou 175°C.



Si le bouchon fusible lâche : vérifier le niveau d'huile.

Si le bouchon fusible lâche souvent : vérifier la température ambiante.

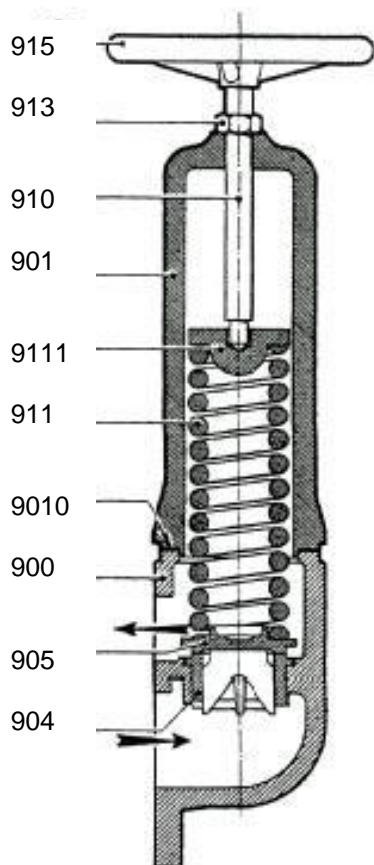


Note : le réglage du limiteur est donné par la position du trou de remplissage. Si la valeur de cette position est perdue, on peut procéder comme suit. Faites un repère sur le manchon amont et sur le manchon aval, puis faites une mesure de vitesse au stroboscope. La valeur de glissement doit être de 2 à 3 %. Sinon il faut ajouter ou enlever de l'huile. Bien sûr quand le bon volume d'huile est trouvé il faut noter la position du trou d'entrée d'huile sur la gamme.

## Soupapes de sureté

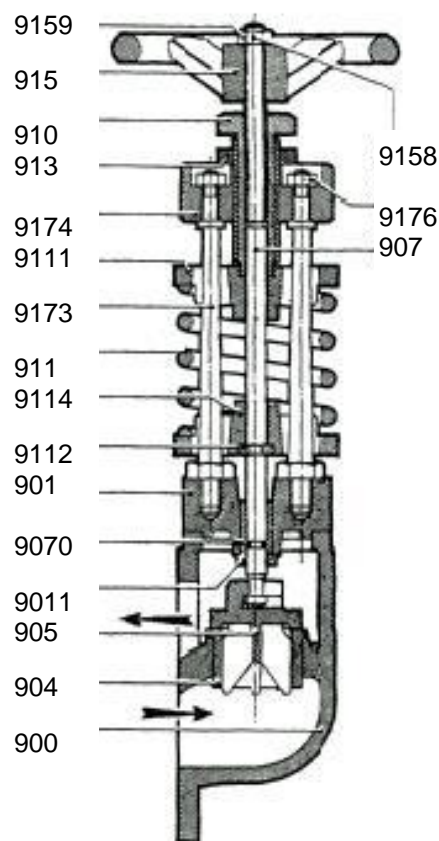
Protections de pompes ( produits liquides, ou hydrauliques )

REP	DESIGNATION	REP	DESIGNATION
900	Corps de soupape	9111	Appui supérieur de ressort
901	Couvercle du corps de soupape	9112	Demi-bague de butée
9010	Joint du couvercle de soupape	9114	Appui inférieur de ressort
9011	Guide de tige du clapet de soupape	913	Contre-écrou
904	Siège de clapet	915	Volant de relevage
905	Clapet	9158	Goupille d'écrou de volant
907	Tige de clapet	9159	Ecrou de volant
9070	Joint de tige de clapet	9173	Colonnnette
910	Vis de tarage	9174	Bride entretoise
911	Ressort	9176	Ecrou de colonnette



### Soupape sans relevage

Munies simplement d'un système de tarage réglable, ces soupapes agissent uniquement comme limiteurs de pression



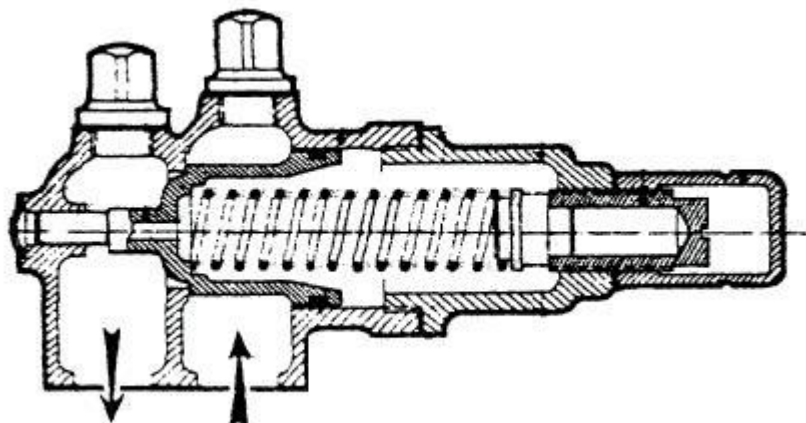
### Soupape avec relevage

En plus du système de tarage réglable, ces soupapes sont pourvues d'un dispositif de relevage manuel indépendant permettant d'effectuer :  
 au démarrage une tombée de pression et de ce fait une chute sensible de puissance,  
 en marche, un réglage de débit.

### Soupape différentielle

Ces soupapes s'appliquent aux débits importants. Elles sont constituées par un corps à double capacité à l'intérieur duquel coulisse un piston différentiel appliqué sur son siège par un ressort à tarage réglable.

La cavité d'admission en relation avec le refoulement de la pompe, et la cavité de retour avec l'aspiration, la pression s'exerce sur une section annulaire de diamètre  $D - d$ . Lorsque la pression dépasse celle du tarage, le clapet se soulève et tout ou partie du débit retourne à l'aspiration.



### Réglage de la soupape

- Ouvrir entièrement la ou les vanne(s) sur la tuyauterie de refoulement, s'il y en a une.
- Ouvrir à fond la vis de tarage (910) de manière à détendre le ressort.
- Mettre le moteur du groupe en route.
- Fermer lentement la vanne au refoulement de la pompe (ou embrayer éventuellement manuellement s'il n'y a pas de vanne) ; simultanément visser lentement la vis de tarage (910) de manière à comprimer le ressort et ce jusqu'à ce que le manomètre indique une hausse de pression.
- Poursuivre l'opération jusqu'à ce que l'aiguille du manomètre se soit stabilisée à la pression de refoulement désirée (pompe à son régime de vitesse normal).
- Bloquer la vis de tarage en serrant le contre-écrou (913).

### Visite de la soupape

#### Soupape sans relevage type

- Avant tout démontage repérer de façon précise la position exacte de la vis de tarage.
- Débloquer et desserrer à fond la vis de tarage pour détendre le ressort.
- Libérer le couvercle de soupape (901) de sa fixation au corps (900).
- Sortir le ressort et le clapet.
- Après remontage s'assurer que la vis de tarage est bien arrêtée à la hauteur repérée avant démontage.

#### Soupape avec relevage type

- Descendre le volant contre la vis de tarage et visser pour relever légèrement le clapet.
- Libérer le couvercle (901) de sa fixation au corps (900).
- Sortir l'ensemble.
- Après remontage, desserrer le volant et le rebloquer contre l'écrou d'extrémité de la tige de clapet.

## Visites et travaux à l'intérieur d'enceintes confinées

Ceci concerne les visites et travaux à l'intérieur de réservoirs et enceintes confinées de toutes sortes : fosses, conduits, puits, citernes, cuves, chambres de visite, appareils de fermentation et autres lieux analogues.

### Surveillance et sauvetage éventuel des travailleurs concernés

*Les travailleurs occupés dans les lieux visés par cette règle doivent être soumis à une surveillance continue et relayés aussi souvent que les circonstances l'exigent. Une ou des personnes, selon les nécessités, doivent être désignées pour exercer cette surveillance, vérifier soigneusement le bon fonctionnement du dispositif de ventilation et opérer les sauvetages éventuels.*

*Les travailleurs concernés portent, en outre, une ceinture de sauvetage avec bretelles. Celles-ci seront reliées à une corde de sûreté aboutissant à l'extérieur et tenue par les personnes chargées de cette surveillance.*

### Lieux particuliers

Les dispositions ci-après concernent les lieux suivants :

- Lieux contenant des matières putrescibles, ou renfermant des matières susceptibles de dégager des gaz ou vapeurs, ou envahis par des émanations provenant du voisinage.
- Lieux où doivent s'effectuer des opérations susceptibles de provoquer des dégagements de gaz, fumées, vapeurs ou autres émanations (peinture, soudage...)
- Lieux dont on peut craindre que l'air qu'ils contiennent puisse être pollué d'urgence et à tout moment par des émanations dangereuses provenant du voisinage.
- Lieux dont on doit craindre que l'atmosphère qu'ils contiennent soit appauvrie en oxygène, par suite d'un emprisonnement plus ou moins long.

#### Dispositions :

Ces lieux seront soumis à une ventilation suffisante et les travailleurs ne pourront y pénétrer ou séjourner que s'ils sont protégés au moyen d'un appareil respiratoire.

Lorsque l'usage d'appareils respiratoires s'avère impraticable, les travailleurs pourront néanmoins y pénétrer sans être pourvus de ces appareils, à condition qu'avant qu'ils y pénètrent et pendant tout le temps où ils y séjournent, ces lieux soient soumis à une ventilation suffisamment énergique pour provoquer, en permanence, un balayage de l'atmosphère ambiante, de manière à empêcher toute concentration intolérable d'émanations délétères.

### Cas de l'hydrogène sulfuré H<sub>2</sub>S

L'hydrogène sulfuré est un gaz incolore, composant naturel du pétrole, à odeur caractéristique d'œufs pourris à faible concentration mais cette perception olfactive s'atténue jusqu'à disparaître au fur et à mesure qu'augmente la concentration de gaz (effet de sidération olfactive). Il devient alors **mortel**

Le H<sub>2</sub>S dégage des matières organiques en décomposition ou lors de l'utilisation du soufre et des sulfures dans l'industrie chimique. Etant plus lourd que l'air, il s'accumule dans les parties basses non ventilées.

**Attention aux graisses et lubrifiants séchées : des poches de H<sub>2</sub>S se forment par décomposition des additifs.**

De ce fait, et par précautions, les dispositions précédentes doivent être appliquées dans tous les cas.

## Règles générales en électricité

**Un déclenchement électrique ( disjoncteur – thermique – fusible ), non enclenché mécaniquement, a forcément une cause électrique.**

**Différentes règles de base doivent être respectées.**

- ➔ Quand aucune cause n'est trouvée, il faut vérifier s'il n'y a pas un déséquilibre de phases. L'utilisation de la **pince ampèremétrique** s'impose. Sinon la défaillance reviendra forcément, une, deux, plusieurs fois, si on ne recherche pas la cause maintenant.
- ➔ Un moteur génère des vibrations. Il est impératif de contrôler périodiquement les serrages aux boîtes à bornes :
  - annuellement pour les moteurs importants et moyens,
  - tous les 2 ou 3 ans pour les autres.
- ➔ Dans l'urgence des dépannages, il arrive que l'on ne remplace pas un fusible, un disjoncteur, un thermique à l'identique. Cela peut entraîner des déclenchements intempestifs par la suite. 2 mesures s'imposent :
  - Lors d'un déclenchement vérifiez les protections.
  - Au moins une fois par an vérifiez les protections dans les armoires et coffrets là où il y a des vibrations.
- ➔ Contrôlez périodiquement les **connexions**, même si on pratique la thermographie. Il est de plus en plus conseillé ( par les fabricants de moteurs et les sociétés de maintenance ) de serrer les connexions avec des tournevis dynamométriques.

Couple de serrage des vis et écrous acier					
Pas	4,60 Nm	5,8 Nm	8,8 Nm	10,9 Nm	12,9 Nm
M2,5	0,26				
M3	0,46				
M5	2	4	6	9	10
M6	3	6	11	15	17
M8	8	15	25	32	50
M10	19	32	48	62	80
M12	32	55	80	101	135
M14	48	82	125	170	210
M16	70	125	190	260	315
M20	125	230	350	490	590
M22	160	300	480	640	770
M24	200	390	590	820	1000
M27	360	610	900	1360	1630

- ➔ Remplacez régulièrement les filtres, et contrôlez la ventilation des **armoires électriques**.
- ➔ Pour les **contacteurs et relais** ayant une grande cadence de fonctionnement prévoyez des remplacements systématiques
- ➔ Veillez que les **câblages électriques**, notamment des capteurs, se fassent plutôt par le bas.
- ➔ Vérifiez régulièrement les entrefers des **moteurs-freins**.
- ➔ Les **armoires électriques** doivent toujours rester fermées.

## Contrôle d'isolement d'un moteur

Dans ce test, le châssis du moteur est mis à la terre et l'instrument d'essai (mégohmmètre) impose une tension CC sur les enroulements du moteur. La lecture de l'instrument est réalisée en mégohms.

Un enroulement sain donne une lecture en centaines ou milliers de mégohms. La norme ANSI/IEEE 43 IEEE, indique pour l'essai de résistance d'isolement des Machines Tournantes comme minimum **acceptable, une mesure d'1 mégohm plus 1 mégohm par kV de la tension nominale des moteurs**. La résistance minimum acceptable pour un moteur de 460 V, est par exemple de 1.46 mégohms. Attention, cependant, certaines règles peuvent imposer que le moteur soit rembobiné alors que la résistance enroulement à la terre est encore bien au-dessus de la valeur minimum acceptable

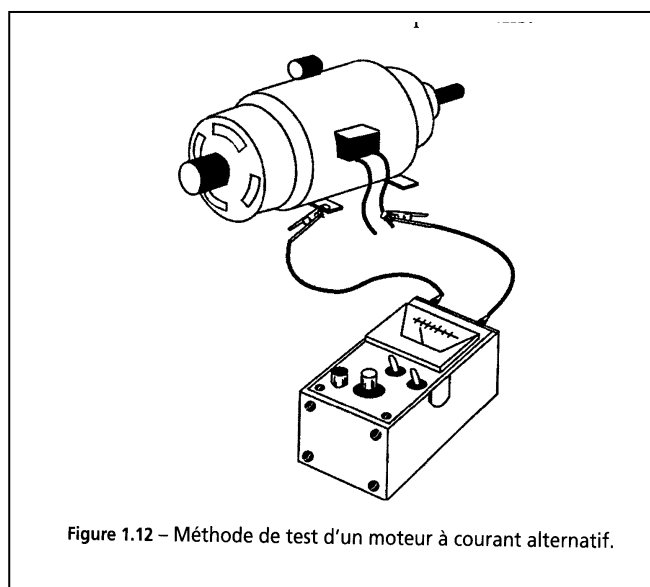
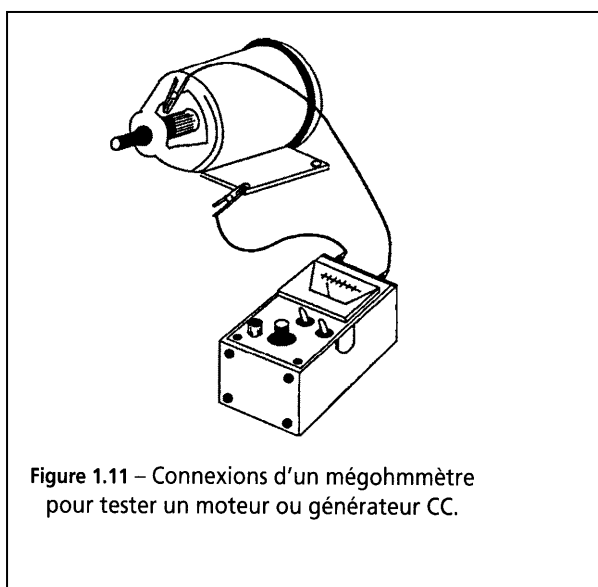
Impositions :

- Pour effectuer des essais d'isolement du stator, le moteur doit être sec.  
Dans le cas contraire une opération de séchage préliminaire doit être réalisée avant de procéder aux essais.
- Les câbles d'alimentation électrique seront déconnectés avant les essais.

Attention : déchargez les enroulements dès la mesure terminée, pour prévenir tout risque de choc électrique.

Si vous n'obtenez pas la valeur de résistance de référence, les enroulements sont trop humides et doivent être séchés en étuve à 90°C pendant 12 à 16 heures et ensuite à 105°C pendant 6 à 8 heures. Les éventuels bouchons de trou de purge et couvercles de la boîte à bornes doivent être retirés pendant le séchage en étuve.

Des contrôles d'isolement sur moteurs en service doivent être faits régulièrement : voir maintenance préventive.



### Mesure de l'index de polarisation

L'index de polarisation d'un moteur permet de déterminer l'état de pollution ou de siccité d'une isolation et par la même de juger de l'opportunité de procéder à son nettoyage.

#### Principe de l'essai

L'essai consiste à appliquer une tension continue parfaitement stabilisée entre les enroulements stator et la masse, et à suivre la décroissance hyperbolique du courant en fonction du temps.

L'index de polarisation est le rapport des courants mesurés à 1 et 10 minutes.

#### Explication du phénomène

L'isolation de l'enroulement stator constitue le diélectrique d'une capacité dont le cuivre et la masse sont les électrodes.

Lors de l'application d'une tension continue, il s'établit un courant hyperbolique de constante de temps assez longue qui est la résultante de 3 courants.

- Un courant de charge de la capacité fonction de la capacité du bobinage et dont la constante de temps est très courte.
- Un courant d'absorption résultant des diverses polarisations à l'intérieur de l'isolant (polarisation des dipôles, charges dans l'isolant évoluant sous l'effet du champ électrique). Ce courant varie lentement au cours du temps.
- Un courant de conduction dont la valeur dépend de l'état de l'isolation et qui subsiste après la disparition des autres courants.

Ces deux derniers courants sont très influencés par la pollution et la reprise d'humidité. L'index est le rapport des courants et il est d'autant plus faible que la machine est polluée.

#### Conditions à respecter

Un enroulement stator dont la température est supérieure de 5°C à la température ambiante ne subit pour ainsi dire pas de reprise d'humidité. De ce fait une anomalie (fissure récente dans l'isolation) peut ne pas être détectée en l'absence d'humidité ou de pollution.

Aussi la machine doit-elle être arrêtée suffisamment à l'avance de manière à ce que la température des enroulements soit égale à la température ambiante (environ 12 heures)

#### Réalisation

Généralement cette mesure est effectuée à partir d'un générateur qui délivre une tension de 500 V continue parfaitement stable.

L'index de polarisation est le rapport des courants mesurés à 1 minute et à 10 minutes.

Index supérieur à 4 : isolation très sèche et très propre

Index entre 2 et 4 : isolation sèche et propre

Index entre 1,5 et 2 : machine humide ou polluée

Index inférieur à 1,5 : isolation faible par suite d'une hydratation profonde ou en raison de courant de forte importance dû à un vieillissement ou à une pollution.

Cette mesure peut être effectuée lors de plusieurs circonstances :

- Avant la mise en service
- Après un arrêt prolongé ou un stockage de longue durée
- Lors d'un incident
- Pour maintenance préventive à une périodicité annuelle ou bi-annuelle.



## Relevé des entrefers

Quelques incidents sérieux ont conduit à imposer une valeur minimale de l'entrefer en tenant compte des dimensions géométriques des machines, de leur vitesse de rotation et du type de palier.

Les valeurs minimales de l'entrefer devraient être mesurées à chaud car ce sont celles qui présentent un réel intérêt du point de vue de la robustesse des machines en exploitation. Mais ces mesures sont souvent très délicates à réaliser ; c'est pourquoi dans la majorité des cas on procède à des mesures d'entrefer à froid. En général, les valeurs limites des entrefers à froid sont prises égales à 1,15 fois les valeurs d'entrefer à chaud. En l'absence d'indication sur la valeur d'origine de l'entrefer à chaud, le tableau suivant permet de déterminer la valeur minimale pour la plupart des machines industrielles.

Nombre de paires de pôles « p »	Diamètre d'alésage D en mm			
	D < 750		D > 750	
	Machines à roulements	Machines à paliers lisses	Machines à roulements	Machines à paliers lisses
1	$e = 0,25 + \frac{D - 75}{300}$	$e = 0,375 + \frac{D - 75}{200}$	$e = 2,7$	$e = 4$
2	$e = 0,20 + \frac{D - 75}{300}$	$e = 0,30 + \frac{D - 75}{330}$	$e = 1,7$	$e = 2,5$
3 à 6	$e = 0,20 + \frac{D - 75}{800}$	$e = 0,30 + \frac{D - 75}{530}$	$e = 1,2$	$e = 1,8$
7 à 10	$e = \frac{D}{1000} \left( \frac{10}{2p} + 0,5 \right)$	$e = 1,5 \frac{D}{1000} \left( \frac{10}{2p} + 0,5 \right)$	$e = \frac{D}{1000} \left( \frac{10}{2p} + 0,5 \right)$	$e = 1,5 \frac{D}{1000} \left( \frac{10}{2p} + 0,5 \right)$

Lorsque le rapport  $\frac{L}{D}$  (longueur de Fer) est supérieur à 1,75  
D (diamètre d'alésage)

La limite inférieure préconisée est obtenue en multipliant la valeur prévue dans le tableau précédent par le rapport  $\frac{L}{D} \geq 1,75$ .

Les valeurs limites des entrefers étant ainsi précisées, il importe de porter attention à la qualité du centrage du rotor. Un mauvais centrage peut entraîner, entre autres, des sollicitations anormales au niveau des enroulements, des contraintes au niveau des paliers, des vibrations, des bruits magnétiques.

Le centrage est satisfaisant si les mesures de l'entrefer à froid effectuées en quatre points diamétralement opposés ne s'écartent pas d'une valeur moyenne mentionnées dans le tableau suivant. Si possible, il sera effectué quatre mesures en chacun des points en faisant tourner le rotor de 90°.

### Machines asynchrones

- ✓ Pour un entrefer < 2,5 mm :
  - ± 8 % de l'entrefer prévu, pour la valeur moyenne
  - ± 8 % de l'entrefer moyen, pour les valeurs entrêmes
- ✓ Pour un entrefer > 2,5 mm :
  - ± 10 % de l'entrefer prévu, pour la valeur moyenne
  - ± 10 % de l'entrefer moyen, pour les valeurs entrême



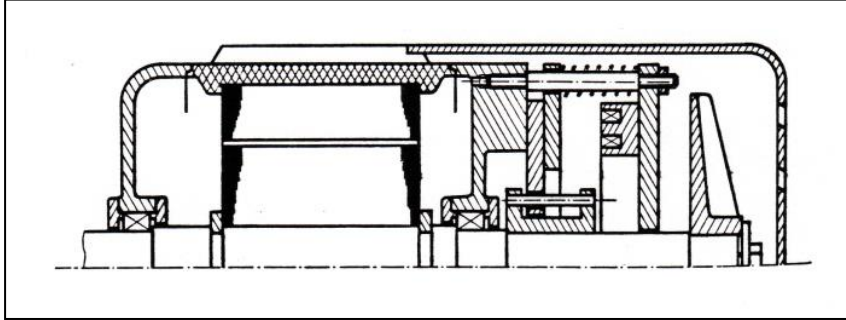
### Machines synchrones

- ✓ Pour un entrefer  $< 3,15$  mm :
  - $\pm 10$  % de l'entrefer prévu, pour la valeur moyenne
  - $\pm 16$  % de l'entrefer moyen, pour les valeurs entrêmes
- ✓ Pour un entrefer  $\geq 3,15$  mm et  $< 6,3$  mm :
  - $\pm 10$  % de l'entrefer prévu, pour la valeur moyenne
  - $\pm 14$  % de l'entrefer moyen, pour les valeurs entrêmes
- ✓ Pour un entrefer  $\geq 6,3$  mm et  $< 12,5$  mm :
  - $\pm 8$  % de l'entrefer prévu, pour la valeur moyenne
  - $\pm 10$  % de l'entrefer moyen, pour les valeurs entrêmes
- ✓ Pour un entrefer  $\geq 12,5$  mm et  $< 25$  mm :
  - $\pm 6$  % de l'entrefer prévu, pour la valeur moyenne
  - $\pm 7$  % de l'entrefer moyen, pour les valeurs entrêmes
- ✓ Pour un entrefer  $\geq 25$  mm :
  - $\pm 5$  % de l'entrefer prévu, pour la valeur moyenne
  - $\pm 5$  % de l'entrefer moyen, pour les valeurs entrêmes

## Moteurs freins

Un moteur-frein se compose d'un moteur normal auquel est adjoit un dispositif de freinage électromagnétique disposé sur l'arbre, et à l'intérieur même du moteur.

A la mise en route l'électro-aimant du frein est excité, ce qui a pour effet de débloquent les disques de freinage. Dès que le courant d'alimentation se coupe l'électro-aimant se désexcite et le moteur se bloque.



Les valeurs minimales de l'entrefer doivent être mesurées à chaud car ce sont celles qui présentent un réel intérêt du point de vue de la robustesse des machines en exploitation. Mais ces mesures sont souvent très délicates à réaliser ; c'est pourquoi dans la majorité des cas on procède à des mesures d'entrefer à froid. En général les valeurs limites des entrefers à froid sont prises forfaitairement égales à 1,15 fois les valeurs d'entrefer à chaud. En l'absence d'indication sur la valeur d'origine, voici des indications.

Paires de pôles	Machines à roulements		Machines à paliers lisses	
	10 KW	150 KW	10 KW	150 KW
1	0,25	2,7	0,40	4
2	0,20	1,7	0,30	2,5
3 à 6	0,20	1,2	0,30	1,8

Les valeurs d'entrefer doivent être contrôlées 1 fois par semestre

## Dégraissage des collecteurs et bagues

Pour le dégraissage des collecteurs et bagues, l'emploi de solvants plus ou moins appropriés peut entraîner des difficultés de fonctionnement des balais. Dans ce cas on observe, à la mise en marche, d'abondantes étincelles qui endommagent la patine et une usure accélérée des balais.

Les solvants lourds, ceux qui distillent à haute température, sont plus nocifs que les solvants légers car ils polluent le moteur pendant plus longtemps.

Pour le dégraissage des collecteurs et bagues, les règles à observer sont les suivantes.

- ➔ Les solvants ne peuvent être utilisés que dans les cas indispensables, c'est-à-dire quand les collecteurs ou bagues sont très gras. Dans les autres cas, un nettoyage soigneux au chiffon sec est préférable.
- ➔ Quand l'usage du solvant est nécessaire, lorsque les entre-lames sont partiellement engorgés, le minimum indispensable est de sortir tous les balais de leur cage de porte-balai.
- ➔ Il est recommandé de dégraisser au chiffon imbibé ou au pinceau en évitant tout excès de solvant et en limitant l'opération à la seule zone à dégraisser.
- ➔ Le dégraissage terminé, il faut souffler énergiquement à l'air comprimé non seulement le collecteur, mais aussi les radiales, la couronne, les tiges et les porte-balais pour chasser les dernières traces de solvant.

Plus le solvant est lourd, plus le soufflage doit être soigné.

### Solvants

Depuis longtemps on a substitué les solvants chlorés (inflammables) aux solvants hydrocarbonés : essence, white spirit, benzine... d'un usage trop dangereux.

#### Solvants légers

Tétrachlorure de carbone ( $\text{C Cl}_4$ ).....	76°C
Chloroéthène ou Baltane ou Trichloroéthane ( $\text{C Cl}_3 - \text{CH}_3$ ).....	70°C à 88°C
Trichloréthylène ( $\text{C Cl}_2 - \text{CH Cl}$ ).....	87°C

#### Solvants lourds

Tétrachloroéthylène ou Perchloréthylène ( $\text{C Cl}_2 - \text{C Cl}_2$ ).....	119°C
Xylol ( $\text{C}_6\text{H}_4 (\text{CH}_3)_2$ ).....	138°C à 144°C
Tétrachlorure d'acétylène ( $\text{CH Cl}_2 - \text{CH Cl}_2$ ).....	147°C

## Contrôle des convertisseurs analogiques

La vérification consiste à comparer les valeurs affichées sur un appareil analyseur de puissance avec les valeurs indiquées au poste de commande centralisée.

L'appareil de vérification est raccordé au circuit tension de la zone à contrôler par l'intermédiaire de prises normalement prévues à cet effet sur le coffret puissance.

La pince ampèremétrique ou sonde est placée sur le conducteur de puissance.

La valeur de la mesure lue sur l'appareil de vérification doit être en corrélation avec la valeur lue simultanément au poste de commande centralisée.

La procédure est appliquée à la vérification de puissance, mais aussi des tensions et intensités.

Lorsque les conditions le permettent, la corrélation est faite sur plusieurs points.

On admet un écart de  $\pm 2 \%$  entre les indications lues sur l'appareil de vérification et les indications lues au poste de commande centralisée.

### Matériel utilisé

En principe le matériel de contrôle est du type Wattmètre digital monophasé, classe de précision 0,5 et peut effectuer des mesures du type train d'ondes ou des mesures à des fréquences de 4 khz. Il est muni d'une sortie analogique permettant l'adjonction d'un enregistreur.

La prise d'intensité est faite par pince ouvrière classe 0,5, calibre 100 A ou sonde ampèremétrique équivalente.

### Périodicité

Etant donné l'importance des mesures de puissance, la périodicité des contrôles préconisée est de 6 mois.

### Précautions avec les détecteurs

#### → Nettoyage

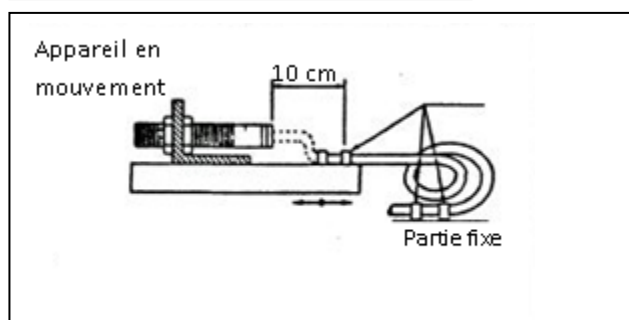
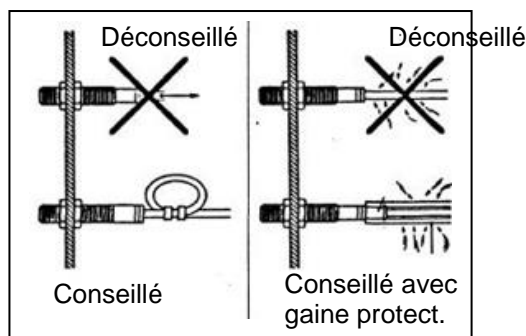
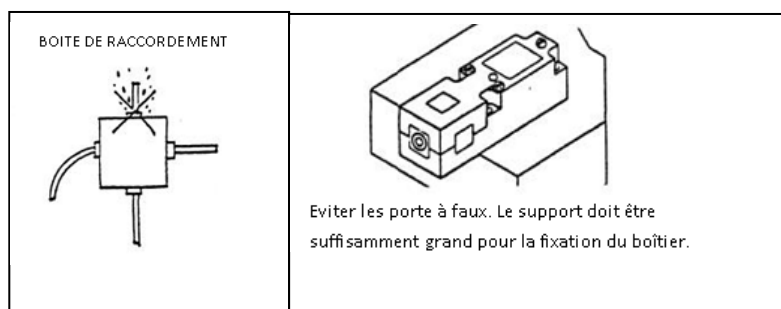
- Absence de dépôts ou de projections de saletés solides ou liquides.

#### → Contrôle de l'état général

- Etat de la finition du détecteur.
- Etat du support et de la patte d'attaque ( desserrage, déformation ).
- Positionnement du détecteur par rapport à sa patte d'attaque ou de la partie à détecter.
- Etat du câble, de ses connexions et de son (ou ses) supports :
  - le câble ne doit pas être trop tendu, ni pendre,
  - si le câble sort d'un tube métallique, celui-ci doit être muni d'un embout de protection en matière plastique,
  - vérifier qu'il n'y a pas de risque d'arrachement du câble.
- Etanchéité de la boîte de raccordement et du presse-étoupe : les entrées et sorties de câble de la boîte de raccordement doivent passer par les côtés latéraux et inférieur.
- S'il existe un capot de protection, vérifiez son état.

#### → Contrôle éventuel du fonctionnement

- Effectuez le (ou les) mouvement.
- Vérifiez le changement d'état du détecteur en fonction des actions demandées.
- Vérifiez son état dans l'automate.



### → **Cas d'un détecteur sur vérin**

Formalisez la procédure à suivre pour le réglage :

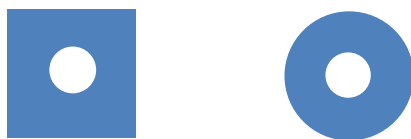
- Mettre le vérin en position d'appui
- Déplacer le capteur à droite jusqu'à ce que le led s'éteigne ; faire une marque.
- Déplacer ensuite le capteur à gauche jusqu'à ce que le led s'allume puis s'éteigne. Faire une marque.
- Positionner le capteur entre les 2 marques.

## Précautions avec les cellules photo-électriques

**Il est fréquent de constater des pannes dues aux cellules ; c'est pourquoi des précautions simples et basiques sont à prendre pour les éviter**

### → Positionnement d'une cellule avec réflecteur

- Montez un cache-réflecteur avec une découpe circulaire en son centre d'un diamètre égal à environ :
  - 1/3 du diamètre pour les réflecteurs circulaires ;
  - 1/3 de la largeur pour les réflecteurs rectangulaires.



- Vérifiez si la cellule est activée ou désactivée (suivant le type de cellule)
- Si non, réglez la position de la cellule et/ou la position du réflecteur.

### → Positionnement d'une cellule avec récepteur

- Réglez la position de la cellule émettrice et/ou de la cellule réceptrice pour que le récepteur soit activé.

### → Nettoyage

- Ce type de capteur doit être régulièrement nettoyé : absence de dépôts ou de projections de saletés solides ou liquides sur la cellule et sur son réflecteur ou récepteur.

### → Finition

- Il est **IMPERATIF** de fixer la cellule et son réflecteur avec des boulons bloqués : écrou bloquant ou rondelle frein ou goutte de loctite.

### → Etat du câble et des connexions

- Le câble ne doit pas être trop tendu, ni pendre.
- Si le câble sort d'un tube métallique, ce dernier doit être muni d'un embout de protection en matière plastique.
- Vérifiez qu'il n'y a pas de risque d'arrachement des câbles.

### → Boîte de raccordement

- Les entrées et sorties de câble de la boîte de raccordement doivent passer par les côtés latéraux et inférieur.

### → Etat mécanique du réflecteur

- Si fendu, incomplet, changez le réflecteur.

Aux termes de l'article 40 de la loi du 11 mars 1957 « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droits ou ayants cause est illicite ». L'article 41 de la même loi n'autorise que « les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et « les analyses et courtes citations, sous réserve que soient indiqués clairement le nom de l'auteur et la source ». Toute représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, ne respectant pas la législation en vigueur constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 à 429 du Code pénal.