

**OFPPT**

ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail  
DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION

**RESUME THEORIQUE  
&  
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

**MODULE N°:14      INITIATION A LA GESTION DE LA  
MAINTENANCE**

**SECTEUR : GENIE ELECTRIQUE**

**SPECIALITE : EMI**

**NIVEAU : TECHNICIEN**

**ANNEE 2006**

## PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : [www.marocetude.com](http://www.marocetude.com)

Pour cela visiter notre site [www.marocetude.com](http://www.marocetude.com) et choisissez la rubrique :

### MODULES ISTA



The image shows a screenshot of the website Maroc Etude.Com. At the top, there is a navigation menu with the following items: HOME, LIVRES, **MODULES ISTA**, ANNUAIRE ECOLES, DOCTORAT, LETTRE DE MOTIVATION, NOUS CONTACTER, and SE CONNECTER. Below the menu is the website logo "Maroc Etude.Com" and the tagline "Connaissance - Métier - Technique". There are also several utility links: Annonces Google, Emploi Maroc, Messagerie, Telecharger Un Jeu, and Maroc Annonces. A search bar is located on the right side of the header. The main content area features a central advertisement for MacKeeper with a -20% discount. To the left, there is a login section with fields for "Identifiant" (containing "sniper") and "Mot de passe", and a "Connexion" button. To the right, there is a sidebar with a search bar and a list of links under the heading "Annonces Google": Jeu De Jeux, Jeux Sur Internet, Ecole Ingénieur, Dépanner et configurer votre réseau à domicile (Outil de Diagnostic), WI-FI / Ethernet, Console de jeu, Imprimante, and Messagerie. At the bottom of the page, there is a quote: "On ne jouit bien que de ce qu'on partage" [Madame de Genlis].

Document élaboré par :

Nom et prénom  
PANTAZICA  
LUCRETIA

EFP  
CDC- Electrotechnique

DR  
DRIF

Révision linguistique

-  
-  
-

Validation

**MODULE 14 : INITIATION DE LA GESTION DE LA MAINTENANCE**

Code :

Durée : 30 h

Théorie 11 h

Pratique 17 h

**OBJECTIF OPÉRATIONNEL**

## COMPORTEMENT ATTENDU

Pour démontrer sa compétence le stagiaire doit **appliquer des notions de gestion de la maintenance** selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.

## CONDITIONS D'ÉVALUATION

- A partir :
  - de directives ;
  - de devis simplifiés ;
  - d'analyse de cas simplifiés.
- A l'aide :
  - de catalogues des manufacturiers ;
  - de logiciels de gestion de maintenance;
  - de normes.

## CRITÈRES GÉNÉRAUX DE PERFORMANCE

- Respect des directives.
- Respect des normes en vigueur.
- En conformité avec les modèles de présentation établis.
- Qualité des travaux remis.

(à suivre)

**OBJECTIF OPÉRATIONNEL****PRÉCISIONS SUR LE  
COMPORTEMENT ATTENDU****CRITÈRES PARTICULIERS  
DE PERFORMANCE**

A Distinguer les méthodes de la gestion de maintenance.

- Définition correcte des types d'organisation.
- Analyse correcte des types de maintenance.
- Définition judicieuse du rôle des intervenants.

B. Appliquer une méthode de gestion de maintenance d'un atelier ou d'un laboratoire.

- Élaboration juste d'un plan de maintenance.

C. Appliquer des méthodes de gestion de maintenance informatisée.

- Organisation adéquate d'un système de classification.
- Choix judicieux des données.
- Traitement correct des données informatisées.

## Présentation du Module

Le responsable de maintenance pilotera et coordonnera une fonction qui se répartit sur plusieurs services situés à l'intérieur comme à l'extérieur de l'entreprise.

Ce module présente donc, le périmètre des activités et les acteurs de cette fonction maintenance, explique comment définir une politique de maintenance, les tableaux de bord nécessaires à son pilotage, les concepts et outils pour mener à bien ces missions, atteindre ces objectifs dans le contexte socio-économique actuel et alimenter en temps réel ces tableaux de bord, sur la GMAO (Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur), l'autodiagnostic...

*Module 14 : INITIATION A LA GESTION DE  
LA MAINTENANCE*

*RESUME THEORIQUE*

## TABLE DES MATIÈRES

**Chapitre I-** Introduction dans la problématique de la gestion de maintenance

- 1 Généralités
- 2 Les domaines d'action et de responsabilité de la maintenance
- 3 Les six tâches de la maintenance
4. Les types d'organisation du département de maintenance
- 5 Les fonctions du département de maintenance
6. Méthodes de maintenance
7. Les niveaux de la maintenance

**Chapitre II.** La maintenance productive totale (T.P.M.)

1. Les objectifs de la T.P.M.
2. Les « 5 S » de la T.P.M.
3. Automaintenance

**Chapitre III.** Méthodes de la gestion de maintenance

1. AMDEC
2. Diagramme de Ishikawa (Le diagramme causes - effet)
3. Méthode ABC (Loi de Pareto)
4. Arbre de défaillance
5. Méthode PERT
6. Cartes de contrôle

**Chapitre IV.** Rôles des interventions

1. Méthodologie de diagnostique
2. Organigramme de dépannage
3. Tableau causes - effet
4. Organigramme de dépannage d'un bras manipulateur
5. Dépannage d'un système automatisé

**Chapitre V.** Les pratiques industrielles

1. Suivi et mise à jours des dossiers
2. La gestion des stocks
3. Bon de travail
4. Le système de gestion de la maintenance informatisée

**Chapitre VI.** Sécurité

1. Lexique
2. Procédures de consignation
3. Interventions du domaine BT (**B**asse **T**ension)
4. Conclusions

**Travaux Pratique**

ANNEXE 1 – Bon de commande

ANNEXE 2 – Bon de travail

ANNEXE 3 – Dossier équipement

Evaluation de fin de module.....



## Chapitre I

# Introduction dans la problématique de la gestion de maintenance

## 1. Généralités

La maintenance c'est un découvert relativement récent. Cette activité existe depuis long, long temps mais elle n'a pas été conceptualisée. Certes est que le développement de la société humaine, accompagnée d'une grande révolution technique a été soutenue par le progresse de cette type d'activité.

Jusqu'en 1950, la fonction «entretien» était considérée comme un mal nécessaire. Elle ne gérait pas son budget qui était pris en charge par l'exploitant. Ce dernier pouvait ainsi juger de l'efficacité du service entretien des manières suivantes « Quand il n'y avait pas de panne, l'entretien ne se justifiant pas, son coût devenait exorbitant ».

En revanche, les défaillances de l'outil de production étaient perçues comme la résultante de l'incompétence du service entretien, voire de la fatalité.

A partir de 1950, la mécanique s'affine. L'électronique fait son apparition suivie de l'informatique. Le mécanicien d'entretien fait place au technicien d'entretien, qui se voit confier une nouvelle mission « Il faut augmenter la productivité et pour cela améliorer la fiabilité », même s'il s'agit là d'une gestion à court terme qui ne tient pas compte de la mort prématurée d'un équipement. Cette notion est d'autant plus négligée à cette époque que le phénomène inflationniste effaçait les erreurs d'investissement, notamment celles où la maintenabilité et la fiabilité n'avaient pas été suffisamment prises en compte.

Dans le « Grand dictionnaire universel du XIX<sup>ème</sup> siècle » de Pierre Larousse, Paris, 1873 (13, 1873) on trouve les explications :

MAINTENIR – conservation, défense, protection,...

ENTRETIEN – soin q'on prend à maintenir une chose en état ; dépense qu'on y consacre...

REPARATION – action de remise en marche...

En ce qui concerne les mêmes termes dans « Enciclopaedia Britannica » (10, 1998) on trouve les explications :

MAINTENANCE – to hold in a existing state....

REPAIR – to restore to the good condition...

ENTERTAIN – to maintain in a good condition....

**Maintenant les activités de maintenance se traduisent par des interventions sur des équipements pluritechnologiques. Ses interventions supposent des connaissances techniques et scientifiques relatives tant aux systèmes, produits, processus, matériels et logiciels mis en œuvre qu'à leur fonctionnement et aux principes qui régissent leurs interactions.**

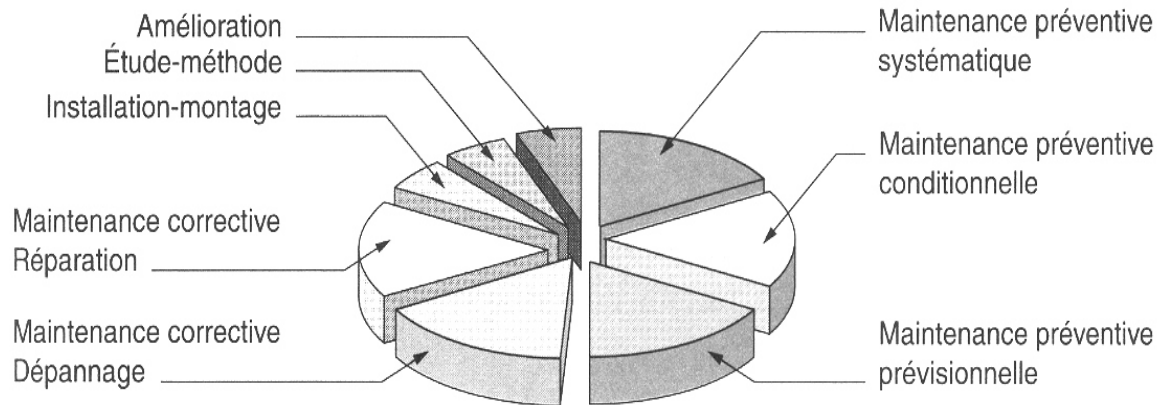
### Compétences du technicien de maintenance

Le technicien de maintenance doit être capable de :

- assurer les opérations de maintenance préventive (conditionnelle et systématique) ;
- déceler une anomalie sur le produit, la production, le procédé, le système de production ou l'un de ses composants ;
- formuler un diagnostic et remettre en état l'équipement (maintenance corrective) ;
- intervenir pour maintenir une production ;

- assurer la logistique de maintenance ;
- participer et assurer la gestion de la maintenance ;
- participer à l'installation des équipements ;
- participer à l'évolution économique, technologique et législative des installations.

## Répartition des activités de maintenance



## 2. Les domaines d'action et de responsabilité de la maintenance

Les quatre responsabilités fondamentales de la maintenance sont :

- La conservation du potentiel productive ;
- L'exploitation de l'infrastructure technique ;
- La défense de l'environnement ;
- La sécurité du travail.

### 2.1 La conservation du potentiel productive

Pour assurer la conservation du potentiel productive de l'entreprise, les responsabilités de la maintenance sont concrétisées dans des actions destinées pour :

- diagnostiquer l'état technique des outillages et installations ;
- remédier les dysfonctionnements constatés ;
- réparer et poser en fonctionne les équipements en cas d'avarie ;
- réaliser des activités d'installation, d'aménagement, et de prévoir des nouvelles méthodes de maintenance pour l'exploitation optimale de nouveaux équipements.

Ces activités pures techniques seront réaliser en utilisant des stratégies et politiques spécifiques de la maintenance.

### 2.2 L'exploitation de l'infrastructure technique

L'infrastructure technique représente l'ensemble de réseaux de canalisation, de magasinage et de distribution des utilités nécessaire pour les activités spécifiques de l'entreprise (installations électrique, thermique, d'eau, d'air comprimé, de gaz ...).

Le département de maintenance doit :

- diagnostiquer l'état général de fonctionnement des réseaux des utilités ;
- exécuter des activités spécifiques d'entretien et de réparations ;
- projeter et installer des nouvelles réseaux d'utilités ;
- contrôler la qualité et la quantité du fluide transporté ;
- réduire les consommations et les pertes dans le transport et la distribution des utilités.

### 2.3 La défense de l'environnement

Par sa nature, le département de la maintenance doit réaliser seulement les activités qui sont en accord avec la défense de l'environnement. Pour ça toutes les activités doivent :

- diagnostiquer l'état technique des outillages et installations en ce qui concerne l'émanation de « gaz polluants » ;
- prévenir l'écoulement des fluides ;
- contrôler le niveau de pollution et le garder dans les limites légales ;
- entretenir et exploiter les installations de recyclage, de récupération, de filtrage...des fluides résiduels.

## 2.4 La sécurité du travail

Même si la sécurité du travail est adressée aux ouvriers impliqués dans la gestion et l'exploitation des divers types des équipements, le département de maintenance a des implications majeures pour assurer la protection du personnel par des activités spécifiques qui assure :

- Le bon fonctionnement des dispositifs d'alarmes de tous les installations et les équipements ;
- La maintenance des équipements pour pouvoir prévenir l'apparition des accidents ;
- L'élaboration des normes internes de sécurité du travail en concordance avec les modifications intervenues dans la structure de base des outillages après les réparations ou les modernisations ;
- La conception des études en ce qui concerne l'exploitation de nouveaux types des outillages et l'élaboration des normes spécifiques ;
- Le développement des méthodes d'intervention rapides et en pleine sécurité du personnel et des moyennes fixes.

## 3. Les six tâches de la maintenance

La structure interne de la fonction maintenance dépend de plusieurs critères :

- effectifs des entreprises
- nombre des équipements
- technicité des équipements
- régime de travail : 2x8,3x8, saisonnier ....
- Situation géographique : proximité...

Quelle que soit la structure interne de la fonction maintenance on trouve toujours **deux activités principales** :

- une activité intellectuelle de réflexion, d'analyse, d'étude ....
- une activité d'action, d'intervention, de réalisation pouvant être co-traitées.

Ces deux activités doivent assurer **les six tâches de la maintenance** :

- Préparation – méthodes,
- Ordonnancement - lancement,
- Magasinage – achat,
- Exécution,
- Analyses,
- Gestion humaine et budgétaire.

*Dans les entreprises de taille importante, ces tâches sont confiées à des services ou des personnes au sein d'un organisme établi. En revanche, dans les PMI-PME, le responsable maintenance doit souvent en assurer la majorité à lui seul. Il n'empêche qu'il ne peut y avoir de maintenance sans, au minimum, ces six points.*

### 3.1 Préparation – méthode

*La première mission de ce service est de gérer l'historique des interventions, qu'elles qu'en soient leurs natures, c'est-à-dire, recueillir les comptes rendus d'interventions, compiler les données pour fournir des ratios permettant l'analyse.*

La seconde mission est de préparer les interventions en établissant des fiches détaillées, dans le cas d'opération périodique, en étudiant le déroulement et l'organisation technique d'un chantier ponctuel.

### 3.2 Ordonnancement – Lancement.

*Cette tâche pourrait aussi s'appeler planification. Elle consiste à organiser dans le temps des interventions de la maintenance. Ce service travaille bien sûr en étroite collaboration avec la fonction planification de l'exploitant.*

Dans le cas de très gros chantiers faisant appel à des moyens extérieurs, c'est ce service qui déterminera les périodes d'interventions et leur chronologie.

### 3.3 Magasinage – Achat

**Le magasinage** - sa mission est d'assurer la disponibilité et le réapprovisionnement des pièces nécessaires à la maintenance des équipements.

- La gestion des pièces de rechange est très spécifique, et elle diffère en de nombreux points d'un stock de production.
- Les consommations sont variables et souvent imprévisibles.
- Dans le cas de pièces de sécurité, des valeurs importantes de stock peuvent être immobilisées pendant toute la durée de la vie de l'équipement.
- Il y a autant de types de gestion que de types de pièce (consommables, pièces spécifiques, pièces de sécurité, échanges standard).

**Les achats** possèdent des spécificités qui les handicapent lors de leurs négociations.

- Exaltation empirique des consommations
- La consommation par référence est faible alors que le nombre de références est élevé.
- Il y a souvent obligation de passer par des intermédiaires grossistes.

### 3.4 Exécution.

Les personnels d'exécution couvrent de nombreuses spécialités techniques, comme :

- Mécanicien,
- Electrotechnicien,
- Électronicien,
- Automaticien,
- Hydraulicien,

La liste est loin d'être exhaustive et la cohabitation de tous ces métiers pose par fois de problèmes. Dans les petites structures, la mission de ces personnels est bien sûr d'exécuter toutes les opérations de maintenance curative, préventive ou d'amélioration sur les matériels dont ils ont la charge.

### 3.5 Analyses.

Les analyses peuvent dépendre de plusieurs services en fonction des différents types d'analyses.

- **L'analyse technique** ou des temps passés revient plutôt aux méthodes qui vont rechercher les types de pannes prédominantes sur un équipement ou la répartition des temps par machine.
- **L'analyse financière** est faite par le ou les responsables du service qui pourront suivre ainsi le respect de leur budget par secteur ou par machine.

### 3.6 Gestion humaine et budgétaire.

*Ces deux types de gestion sont confiés à l'encadrement (chef de service, responsable de secteur, chef d'équipe), et ne diffèrent guère de celles de leurs homologues des autres services.*

La finalité de l'organisation structurelle de la maintenance consiste à assurer, au moindre coût, le degré de maintenance conduisant à l'efficacité optimale des installations.

## 4. Les types d'organisation du département de maintenance

L'organisation des services de maintenance évolue sous l'effet des contraintes économiques, de l'informatisation, de la TPM qui amène un décloisonnement, de la fiabilité, des outils de diagnostic de plus en plus incorporés aux machines, des améliorations des offres de la sous-traitance, etc.

Il existe plusieurs types d'organisations de maintenance mais, pour être efficaces, elles doivent reposer sur un état d'esprit décrit ci-après dans l'approche systémique ou corporative.

### 4.1 Approche systémique ou approche corporative

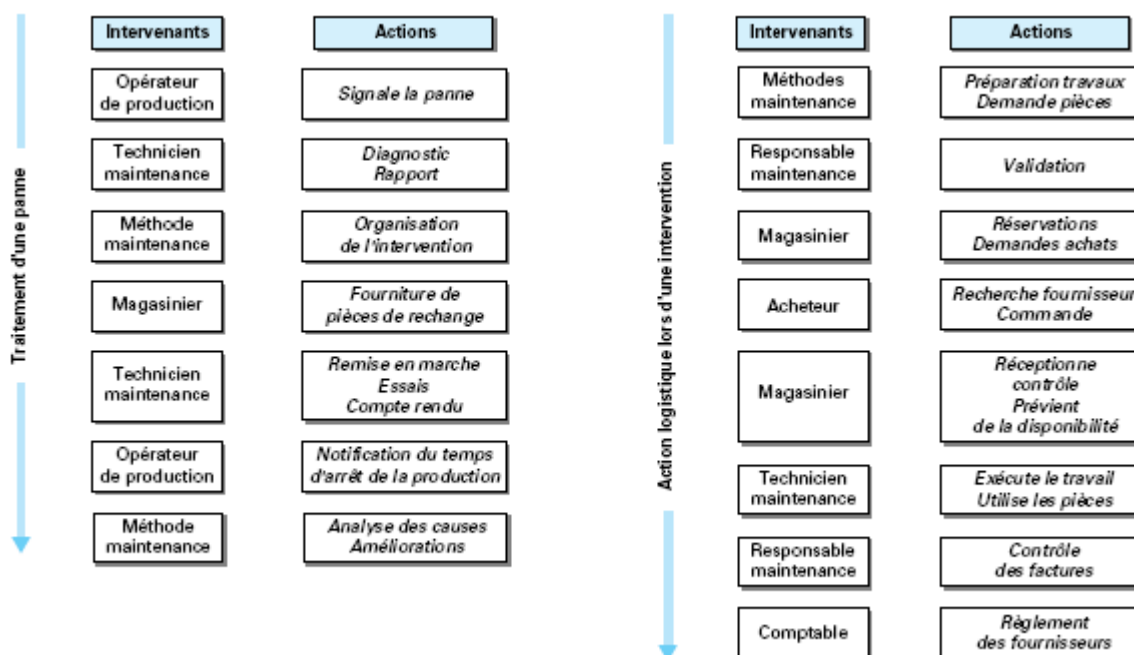
L'approche systémique considère le fonctionnement de l'entreprise à travers les flux d'information, de matières ou de volumes financiers qui la font fonctionner, au lieu de considérer les différents services.

La figure ci-dessous représente deux flux d'information relatifs à la maintenance dans une entreprise. Le bon déroulement d'une intervention ou d'une commande nécessite l'intervention de plusieurs services dont les priorités réelles ne sont pas nécessairement ressenties de la même manière. Ces transferts entre services présentent des risques majeurs de dysfonctionnements qui pèsent sur les temps de maintenance, donc sur les performances de l'ensemble de l'unité de production.

Cet aspect n'a pas échappé à bon nombre d'entreprises et cela se retrouve dans les organisations de maintenance industrielle.

Les principaux critères qui ont influé sur les organisations sont :

- la TPM ( Total Productive Maintenance ou Topomaintenance) qui, en faisant collaborer opérateurs et techniciens, démontre la nécessité du décloisonnement ;
- l'accroissement des outils de diagnostic incorporés aux machines, qui nécessitent une plus grande expertise technique sur les lieux mêmes de production ;
- l'amélioration de l'offre de sous-traitance, souvent plus compétitive et plus performante que les ressources internes ;
- la volonté de se recentrer sur les métiers et compétences clés.



### Flux d'informations en maintenance

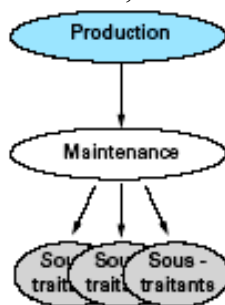
## 4.2. Organisation des travaux

La fonction maintenance est présente de différentes manières dans les entreprises. Les principaux modèles organisationnels et leurs caractéristiques essentielles sont présentés ci-dessous.

### 4.2.1 L'organisation centralisée

C'est l'organisation traditionnelle de la maintenance (figure ci-dessous), distincte de la production et qui regroupe tous les services techniques. Elle est incontournable quand la main-d'œuvre de production ne peut faire de l'automaintenance, en présence d'une haute technicité des équipements, de fortes contraintes de sécurité ou de réglementations diverses, etc.

Elle comprend un service Méthodes chargé de l'ordonnancement des travaux, de leur préparation, des équipes techniques d'intervention, des magasiniers...



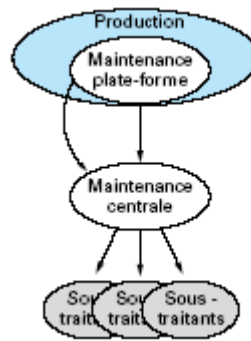
Organisation centralisée

**Avantages** : maîtrise de la fonction et maîtrise technique, optimisation des efforts.

**Inconvénients** : on lui reproche parfois d'être cloisonnée et éloignée des préoccupations de la production. Mais son efficacité est liée à la qualité des communications entre les deux services et à l'organisation.

### 4.2.2 L'organisation répartie ou décentralisée

Une partie de la maintenance dite maintenance rapprochée ou de plate-forme est intégrée aux équipes de production, d'exploitation (figure ci-dessous) ; ces techniciens de plate-forme effectuent des diagnostics, décident à quelles compétences faire appel, gèrent les commandes, surveillent les travaux de remise en état, participent aux améliorations...



Organisation répartie

**Avantages** : meilleure prévention et bonne maîtrise du processus de dégradation, possibilités renforcées d'actions sur les procédés d'exploitation, diminution des cloisonnements et forte collaboration, diminution des microdéfaillances, facilité des actions qualité à la source des dysfonctionnements, meilleure sensibilisation aux coûts en étant plus proche de la production.

**Inconvénients** : la maîtrise technique est partagée entre maintenance et production. Il y a des risques de redondances avec la maintenance centrale d'où la nécessité d'une forte coordination, de procédures strictes d'appel à la sous-traitance pour éviter l'appel abusif à des spécialités coûteuses surqualifiées.

#### 4.2.3 L'organisation mixte

La fonction maintenance de plate-forme est étroitement intégrée à la conduite de processus. Les processus de dégradation sont de mieux en mieux maîtrisés grâce aux systèmes de surveillance intégrés dès la conception des installations.

En dehors d'appel à des compétences très pointues — souvent externes —, l'EGM gère, dans ce cas, une maintenance « courante » par rapport à celle de plate-forme et assure toute la partie logistique (figure ci-dessous).



Organisation mixte

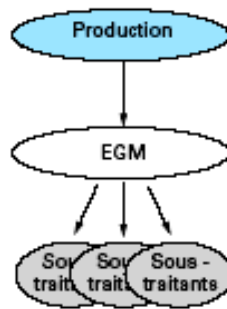
**Avantages** : bonne répartition des compétences, maîtrise des processus de vieillissement, préservation du savoir et maîtrise technique.

**Inconvénients** : nécessité d'un bon niveau technique des opérateurs de production qui doivent interpréter et prendre en compte les informations des systèmes de diagnostic. Il y a là une redéfinition importante du rôle de la maintenance.

Ces schémas donnent les grandes tendances de l'organisation de la maintenance directement liée à l'appareil de production.

#### 4.2.4 Maintenance sous-traitée

Certaines entreprises ont opté pour le choix de la sous-traitance totale (figure ci-dessous) avec des obligations de résultats. L'entreprise prestataire ou entreprise générale de maintenance (EGM) peut elle-même sous-traiter certaines activités nécessitant des compétences pointues et, éventuellement, prendre en charge les stocks de pièces de rechange.



#### Maintenance sous-traitée

**Avantages** : des gains importants peuvent être obtenus par une diminution du nombre d'interfaces et d'intervenants de corps de métiers différents. L'EGM arrivant sur un site pose un regard neuf, ne subit pas l'entrave des habitudes et des inerties et peut entreprendre plus facilement une nouvelle politique de maintenance.

- Elle doit apporter de solides compétences organisationnelles ; ses compétences techniques sont complétées par celles d'autres sous-traitants spécialisés.
- Elle a la responsabilité de détecter le dysfonctionnement, de déclencher la maintenance préventive et de faire appel aux spécialistes.

**Inconvénients** : risque de perte de la maîtrise technique, de mobilité du personnel en fonction de la nature de contrat et de la politique de ressources humaines pratiquée par l'EGM.

### 4.3 Organisations logistiques

Pour réparer, il faut des pièces détachées en temps et en heure au juste prix, sachant que les pièces de rechange représentent environ 40 % du montant des interventions. Les objectifs de la logistique stocks (approvisionnement et achats) sont parfois contradictoires :

- détenir les pièces de rechange nécessaires pour répondre aux pannes et aux besoins imprévus ;
- avoir un stock d'un montant le plus faible possible ;
- ne pas avoir de ruptures pour les pièces stockées en permanence ;
- obtenir les prix d'achat le plus bas possible pour les quantités les plus faibles possible ;
- avoir une organisation efficace avec des structures minimales.

Les principes de gestion d'un magasin de maintenance sont différents de ceux d'un entrepôt de distribution ou même d'un magasin de matières premières. Les valeurs en stock sont parfois importantes

- 10 à 20 MF sont courants. La mise en place d'une bonne gestion de stock en parallèle avec une GPAO ou intégrée à celle-ci peut permettre une diminution non négligeable de cette valeur de stock.

Tout comme l'organisation des travaux de maintenance, la logistique subit des mutations, en général sous l'effet des compressions de personnel et des critères de rentabilité. Certaines PME n'ont plus de magasiniers pour le stock de maintenance et la fonction est alors accomplie par des techniciens, bien entendu surqualifiés. S'il n'est pas possible d'obtenir une bonne maîtrise des magasins de pièces de rechange, il vaut mieux alors envisager progressivement ou de manière radicale de la sous-traiter.

**La décision de stocker un article** est consécutive à la réponse positive à une ou à plusieurs de ces trois questions.

- Cet article est-il utilisé dans une unité différente de celle d'achat (achat en boîte et utilisation unitaire) ?
- Son absence pourrait-elle avoir des répercussions importantes pour l'entreprise ?
- Son délai (fiable) d'approvisionnement est-il plus long que le temps de rémission ?

**Nota** : le temps de rémission est le temps entre le moment de la demande et celui où la réparation est stoppée faute d'article + le temps d'attente acceptable de l'équipement en panne.



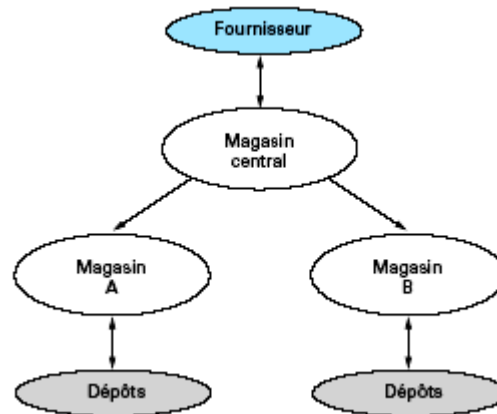
Si la réponse est de stocker, il faut s'interroger sur le meilleur emplacement :

- dans l'entreprise : en magasin, acheté ou en dépôt fournisseur ;
- à disposition chez un fournisseur.

Différentes organisations sont possibles, chacune avec différentes possibilités d'évolution. Ces magasins sont gérés par l'entreprise mais peuvent également être de la responsabilité de l'E.G.M.

#### 4.3.1 Magasin central et magasins secondaires

Un magasin approvisionne les autres en regroupant les demandes d'achat (DA) et les réceptions des commandes (figure ci-dessous). L'utilisation d'une GMAO permet de gérer les prêts d'articles.



#### Organisation centralisée

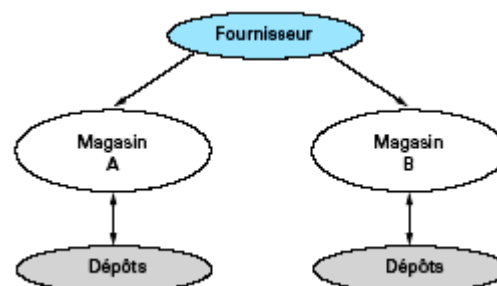
**Exemple :** pièces de rechange entreposées dans les salles blanches pour réduire les délais de passage dans les sas avec changement de vêtements.

**Avantages :** meilleures conditions de négociation avec les fournisseurs, du fait du regroupement des commandes, maîtrise de la codification et de la création des nouvelles pièces, ce qui évite les doubles créations d'articles (doublons).

**Inconvénients :** risque d'allongement des délais de réapprovisionnement, augmentation des stocks pour pallier cet état de fait, nécessité d'avoir de bonnes compétences en gestion des stocks, infrastructure lourde et procédures assez complexes qui ne peut convenir qu'aux grandes installations ou aux sites très éloignés de leurs fournisseurs.

#### 4.3.2 Magasins indépendants

Chaque magasin est géré indépendamment et passe ses propres commandes de réapprovisionnement auprès des fournisseurs, chacun de son côté ou par l'intermédiaire d'un service Achats commun (figure ci-dessous).



#### Organisation répartie

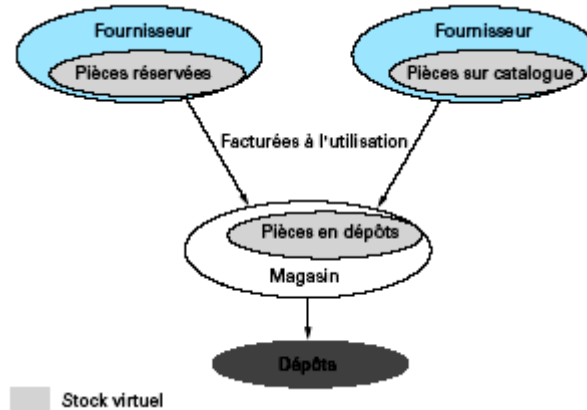
**Avantages :** plus grande flexibilité des réapprovisionnements et réduction des délais par rapport à l'organisation précédente. Les procédures sont également plus légères.

**Inconvénients :** problèmes de coordination lors de la création et de la codification des nouvelles pièces, gros risques de doublons, risques d'erreurs de livraison entre magasins, moins de possibilités de négociations groupées entre magasins.

### 4.3.3 Magasin interne et stock virtuel

Le fournisseur a des stocks dans un magasin consigné ; ce sont des stocks qui lui appartiennent et sont situés à l'intérieur de l'entreprise ou chez le fournisseur. Ce dernier effectue périodiquement le réassortiment et facture tout ce qui a été consommé.

D'autres articles ne sont pas tenus en stock réservé à l'entreprise mais sont consultables en permanence chez le fournisseur (CD-Rom ou Internet) qui garantit leur livraison dans un délai court (figure ci-dessous).



Magasins et stocks virtuels

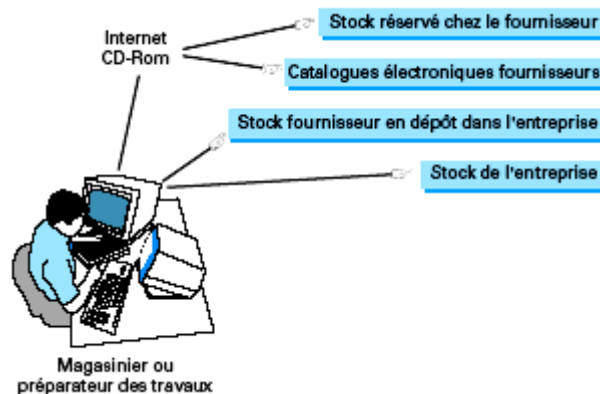
Le développement des messageries rapides et de la qualité des services des fournisseurs permet de disposer de catalogues de dizaines de milliers de pièces disponibles dès le lendemain.

L'ensemble de ces articles qui comprend également les pièces en prêt ou en dépôt **constitue un stock virtuel**.

Ce type d'organisation se développe considérablement, notamment dans les PMI.

Certaines GMAO comme MP2 Enterprise (distribué par Datastream) permettent déjà de consulter et de commander par Internet le stock chez les fournisseurs. Ce type de service moins lourd et plus souple que les systèmes EDI actuels s'étendra très rapidement en France dès que les réticences propres à Internet seront dissipées.

La préparation des travaux s'effectue souvent selon la figure ci-dessous.



Différents stocks vus par un préparateur de travaux

L'utilisation de ces articles, si elle est répétitive, est enregistrée dans des listes d'instructions (ou gammes de maintenance). Les GMAO permettent d'automatiser les réservations ou les commandes de ces articles lors du lancement des travaux.

### 4.4 Position des achats

La fonction achats/approvisionnement est souvent scindée en deux : la maintenance évalue ses besoins en réapprovisionnement ou commandes de produits nouveaux, transmet ses besoins à un service Achats qui peut être externe (le service Achats de l'entreprise) ou intégré au service de maintenance. C'est parfois le magasinier qui cumule les deux fonctions dans les PMI.

Les relations de la maintenance avec les services Achats peuvent donner lieu à des dissensions si elles ne reposent pas sur des procédures et un ensemble de bonnes pratiques. En effet, les motivations des acheteurs sont d'acheter au moindre coût, au meilleur service rendu et à une qualité acceptable. Seulement, il se trouve que le premier critère est plus facile à évaluer et plus immédiatement perceptible donc valorisant pour l'acheteur.

Il convient par conséquent d'ajouter à la classification technologique des articles en stock (électricité, pneumatique...) une classification de gestion :

- articles consommables (papier, fournitures de bureau, produits d'entretien...)
- articles standards (pièces de rechange courantes, visserie commune, lubrifiants...)
- articles stratégiques (pièces de rechange ou articles dont l'absence au moment capital aurait des répercussions importantes au-delà d'un certain temps dit temps de rémission).

La politique d'approvisionnement de ces articles répondra également aux critères énoncés au paragraphe 4.3. Cette classification est définie dans chaque fiche d'article.

Le service Achats sera en charge des articles consommables et des pièces de rechange selon des critères classiques de calcul des besoins. Il achètera les articles stratégiques en prenant l'avis des services de maintenance.

L'utilisation de GMAO intégrant maintenance, stocks et achats de maintenance permet l'instauration du flux tendu sur la base des prévisions de travaux avec les pièces de rechange et le matériel nécessaires.

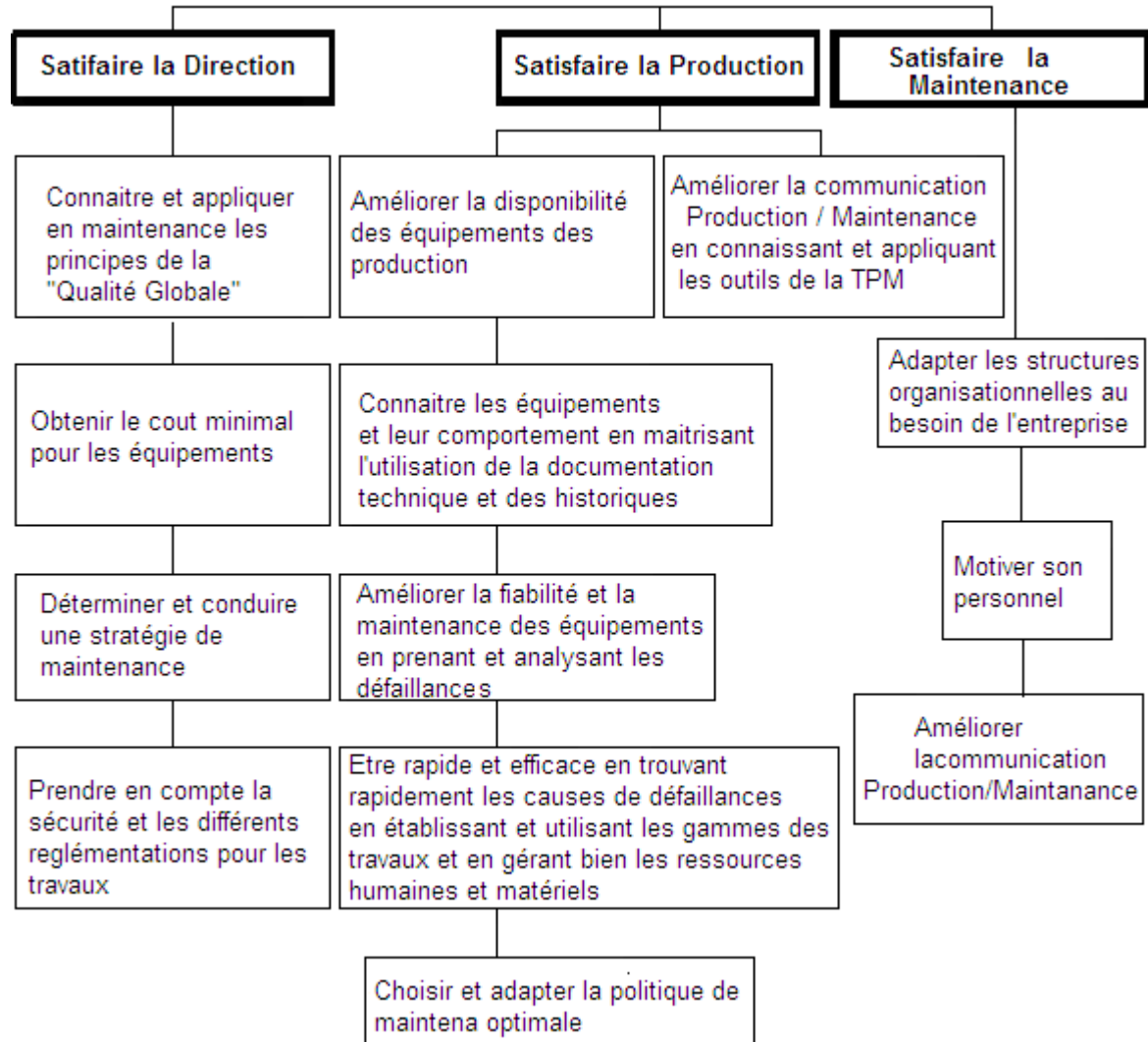
Les achats en flux tendu nécessitent une stratégie d'achat bien établie.

1. Identification des besoins et des éléments de déclenchement : description par le service Méthodes de la maintenance de l'ensemble du matériel, des travaux de maintenance, planification de ces travaux et création automatique des réservations/commandes. Cela suppose que ces articles ne sont pas utilisés en dehors de ces travaux.
2. Création de listes de besoin homogènes (par nature d'achat) avec estimation des besoins annuels.
3. Envoi d'appels d'offres aux fournisseurs avec ces listes.
4. Création d'une grille de comparaison des réponses reçues.
5. Négociations article par article.
6. Évaluation du niveau de service offert : temps de réponse aux sollicitations diverses, qualité des produits, délais, livraisons, fiabilité des transports, conditions de règlement proposées...
7. Sélection d'un premier fournisseur avec la liste globalement la moins chère, sélection d'un second fournisseur d'appoint.
8. Formalisation d'un accord ou contrat de commande du marché...
9. Délégation des passations de commandes dans le cadre de ce marché.

Cette stratégie entraînera la réduction du nombre de fournisseurs, des commandes passées en catastrophe et une réduction d'environ 10 % du montant annuel des achats, tout en accroissant le niveau de qualité et de service.

## 5. Les fonctions du département de maintenance

Le rôle principal du Département de maintenance est la satisfaction des trois entités de l'entreprise pour un but bien prédéfini. Ces trois entités sont la **Direction**, la **Production** et la **Maintenance**.



Donc les fonctions qui peuvent être assumées par le département de maintenance (ou d'entretien) sont :

- D'analyser des problèmes pouvant survenir lors d'installations neuves (**expert-conseil**),
- De préparer une méthodologie appropriée pour traiter chaque type de travaux de maintenance
- A effectuer (préparer l'outillage, les ressources et dresser des instructions de maintenance),
- De planifier l'échéancier et le déroulement des travaux tout en concertant la disponibilité des ressources (humaines et matérielles),
- De gérer les ressources matérielles (gestion des stocks),
- De réparer, de maintenir et d'inspecter les équipements,
- De participer à des groupes d'amélioration de la qualité (G.A.Q.) au niveau du contrôle et de l'ajustage.

**5.1** Donc, en tant **qu'expert conseil**, le service de maintenance peut conseiller la direction de l'entreprise sur :

- le choix des équipements,
- les erreurs à éviter,
- les caractéristiques les plus souhaitables pour le fonctionnement voulu,
- les moyens d'adapter cet équipement ou cette installation à ceux déjà en place.

**5.2** Le rôle de **préparateur de la méthodologie** du service de l'entretien - le service d'entretien doit pouvoir **fournir une méthodologie permettant d'appliquer correctement les opérations de maintenance**.

**5.3** À l'aide de documents techniques, de manuels de service de manufacturiers, de catalogues de fabricants, de codes de normalisation de données techniques, les spécialistes **élaborent des manuels d'entretien** adaptés à l'entreprise et les classent pour en faciliter l'accès aux utilisateurs. **Chaque manuel d'entretien porte donc un numéro unique et contient les procédures décrivant de façon précise l'entretien à effectuer**.

**5.4** Un autre rôle du service d'entretien est aussi de **planifier l'échéancier et le déroulement des travaux** tout en concertant la disponibilité des ressources (humaines et matérielles). Le service de l'entretien doit :

- prévoir des périodes d'arrêt ;
- procède périodiquement au reconditionnement des équipements, des installations ou des aménagements.

Il doit donc coordonner les activités liées à ces périodes de reconditionnement et pouvoir répondre tout de même à des entretiens d'urgence.

**5.5** Pour la **gestion des stocks** associée à la réparation des équipements, des installations ou des aménagements le service de l'entretien doit :

- avoir suffisamment de pièces de rechange pour répondre à des urgences ou des entretiens planifiés,
- décider du meilleur moment pour acheter une pièce de rechange (afin de ne pas encombrer inutilement le magasin) tout en s'assurant de la disponibilité de l'outillage requis pour les entretiens à effectuer,
- gérer efficacement les espaces prévus pour le stockage,
- classer et répertorier l'inventaire. Souvent, le service de l'entretien tient à jour sa propre comptabilité interne afin de ne pas alourdir l'administration générale de l'entreprise.

**5.6** Pour **réparer, maintenir et inspecter** les équipements, les installations et les aménagements de l'entreprise. Il doit disposer:

- d'effectifs pour assurer un fonctionnement adéquat des équipements,
- des installations et des aménagements de l'usine,
- d'une certaine expertise de techniciens et d'ouvriers.

Le service de l'entretien doit donc s'assurer de gérer, d'effectuer et d'enregistrer les réparations qui ont été effectuées pour des références futures. Cet aspect implique :

- la gestion du personnel spécialisé y travaillant,
- la gestion de l'outillage et de l'équipement de réparation en plus d'ateliers de réparation.

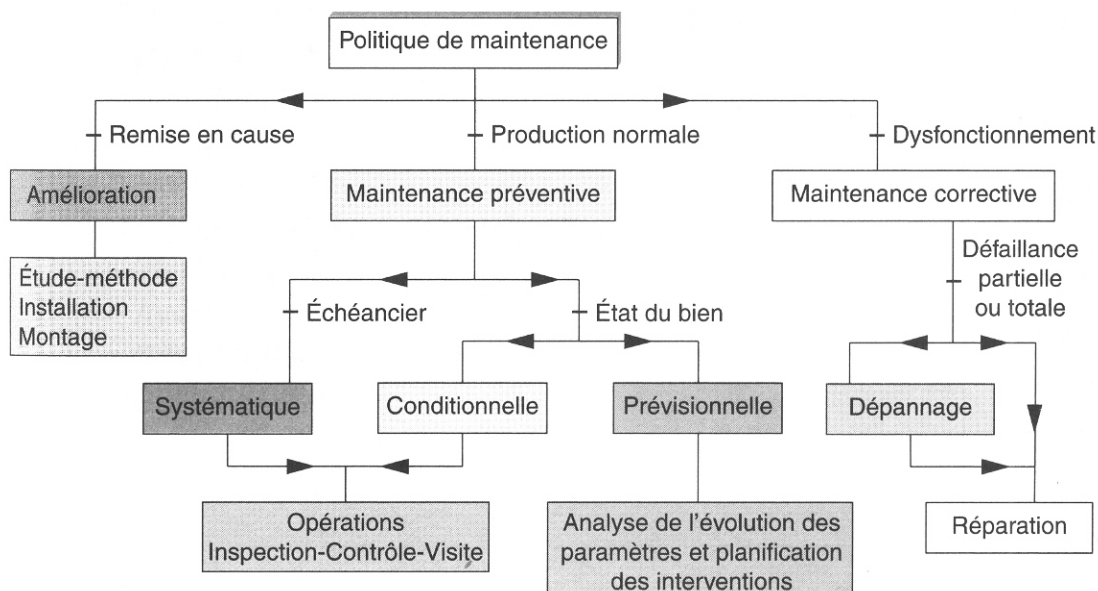
Aussi, le service de l'entretien doit parfois donner certains travaux d'entretien en sous-traitance lorsque la charge de travail ou l'expertise ne permettent plus d'offrir un bon rendement.

5.7 Finalement, le service de l'entretien est appelé à participer à des groupes d'amélioration de la qualité (G.A.Q.) qui ont pour but d'améliorer le fonctionnement des équipements ou des installations en diminuant les pannes et en augmentant la productivité.

## 6. Méthodes de maintenance

La maintenance est un ensemble des activités destinées à maintenir, à rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise et elle doit être considérée comme une fonction de production à part entière. Pour produire, il faut satisfaire à quatre impératifs :

- approvisionner en matières ;
- transformer celle-ci en produits finis ;
- assurer la qualité ;
- maintenir l'outil de production en état de marche.



### 6.1 Maintenance corrective

Ensemble des activités réalisées après la défaillance d'un bien, ou la dégradation de sa fonction, pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement.

Note: La maintenance corrective comprend en particulier:

- La localisation de la défaillance et son diagnostic,
- La remise en état avec ou sans modification,
- Le contrôle de bon fonctionnement.

#### a) La maintenance palliative

Activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou la partie d'une fonction requise. Appelée couramment "dépannage", la maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives.

**b) Maintenance curative**

Activité de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise.

**Conclusion :**

**La maintenance corrective** est la maintenance effectuée après défaillance. Suivant la nature des interventions, on distingue deux types de remise en état de fonctionnement :

- La réparation : remise en état de fonctionnement conforme aux conditions données.
- Le dépannage : remise en état provisoire qui sera obligatoirement suivi d'une réparation.

**6.2 Maintenance préventive**

Maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un service rendu. Les activités correspondantes sont déclenchées selon un échéancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage (maintenance systématique) et / ou de critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou du service (maintenance conditionnelle).

**a) Maintenance préventive systématique**

Les remplacements des pièces et des fluides ont lieu quelque soit leur état de dégradation, et de façon périodique.

- Ce style de maintenance **consiste à changer un équipement ou une pièce avant qu'un bris** entraînant de coûts encore plus élevés ne survienne
- Ce style de maintenance est surtout **appliqué aux équipements de grande valeur**
- L'avantage de ce type de maintenance est qu'il permet de bien **contrôler les coûts associés** à l'entretien et de maintenir l'état des équipements afin d'éviter des bris fatals.

**b) Maintenance préventive conditionnelle**

Les remplacements ou les remises en état des pièces, les remplacements ou les appoints en fluides ont lieu après une analyse de leur état de dégradation.

Une décision volontaire est alors d'effectuer les remplacements ou les remises en état nécessaires.

**c) Maintenance prévisionnelle**

Maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution de paramètres significatifs de la dégradation du bien, permettant de retarder et de planifier les interventions. Elle est parfois improprement appelée maintenance prédictive.

## 7. Les niveaux de la maintenance

### 7.1 Premier niveau.

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

**Note:** ce type d'intervention peut être effectué par l'exploitant du bien, sur place, sans outillage ou à l'aide des instructions d'utilisation. Le stock de pièces consommables nécessaires est très faible.

### 7.2 Deuxième niveau

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

**Note :** Un technicien est habilité, lorsqu'il a reçu une formation lui permettant de travailler en sécurité sur une machine présentant certains risques potentiels, et est désigné pour l'exécution des travaux qui lui sont confiés compte tenu de ses connaissances et ses aptitudes.

### 7.3 Troisième niveau

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

**Note :** Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien spécialisé, sur place ou dans le local de maintenance, à l'aide de l'outillage prévu dans le local de maintenance.

### 7.4 Quatrième niveau

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

### 7.5 Cinquième niveau

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

**Note:** Par définition, ce type de travaux est donc effectué par le constructeur ou par le reconstruteur, avec les moyens définis par ce dernier.



### *Questions récapitulatives*

1. Définir ce qu'est la maintenance.
2. Expliquer ce qu'est la prévention ?
3. Énumérer les 6 principales fonctions d'un service d'entretien.
4. Quelle fonction permet de s'assurer que des pièces de rechange seront disponibles à temps?
5. Énumérez, parmi ces éléments, celui qui est prépondérant dans l'élaboration d'une méthodologie particulière à un équipement ?
  - Bulletin ou document technique
  - Code de normalisation (bâtiment, électricité, etc.)
  - Catalogue de pièces
  - Manuel de service du fabricant
  - Dessin technique
  - Croquis et schéma de fonctionnement
  - Plaque signalétique de l'équipement
6. Énumérer les trois modèles d'organisation connus (pour un service d'entretien).
7. Quel modèle correspond le mieux à une petite entreprise ?
8. Dans quel type d'organisation les employés d'entretien travaillent-ils de façon plus individuelle ?
9. Énumérer les deux styles de maintenance pouvant être pratiqués par un service d'entretien ?
10. Quel type de maintenance est le moins coûteux ?
11. À partir de la liste ci-dessous, associez chaque équipement ou installation avec le type d'entretien le plus approprié (curatif ou préventif), inscrivez C ou P.
  - un convoyeur de transport acheminant la matière première à une usine ;
  - un système de dépressurisation en cas de surpression;
  - une valve d'admission pour le système de refroidissement du réacteur nucléaire;
  - un chariot élévateur 1971 utilisé dans la cour extérieure de l'usine;
  - un compresseur alimentant la section d'emballage et expédition de l'usine en air comprimé;

## Chapitre II

# Total productive maintenance ou TPM

(Maintenance productive avec la participation de tout le personnel)

## Généralités

L'apparition de **TPM** est liée au management japonaise précisément au « JAPAN INSTITUT OF PLANT MAINTENANCE » crée en 1969 par Japan Management. L'impacte sur l'industrie japonaise se manifeste par l'attribution d'un prix, chaque année, nommé P.M. (Productive Maintenance) aux entreprises qui ont appliqués avec les meilleurs résultats les doctrines de la Maintenance Productive.

**En 1983**, le président du J.I.P.M , Seichi Nakajima, formalisa les principes et méthodes de la T.P.M. dans un livre qui devint une référence (**NAKAJIMA S.**, La maintenance productive totale, Afnor Eyrolles, 1986). Il a considéré que TPM signifie :

- *Avoir un rendement maximal pour tous les installations et tous les outillages ;*
- *Etablir un système global de M.P. pendant toute la durée de vie des moyennes fixes ;*
- *Impliquer la compétence dans les activités de maintenance de tous les départements à partir de la conception jusqu'à l'exploitation et pour tous les managers de ces départements ;*
- *Augmenter l'autonomie d'action des employeurs.*

Une autre définition, donnée par Yves Pimor établie que TPM demande de trouver les causes pour les quels une entreprise ne produit pas à sa capacité nominale et de les remédier.

La définition la plus complète donne 8 points fondamentaux d'un système TPM :

- *éliminer systématique les pertes ;*
- *maintenance autonome ;*
- *maintenance productive ;*
- *instruction technique et opérationnelle ;*
- *conception et gestion pour les produits et les équipements ;*
- *la qualité des produits ;*
- *la performance du département ;*
- *la gestion de la sécurité.*

Les entreprises qui ont tout d'abord été touchées par la démarche T.P.M. sont essentiellement les grandes entreprises utilisant un mode de fabrication en processus continu.

Les secteurs les plus intéressés au départ par la T.P.M. furent **la sidérurgie** et **la construction automobile** où la gestion de la production se fait en continu. Les résultats de l'application de la T.P.M. dans des entreprises de renom comme **Sollac** ou **Citroën** avec le plan Mercure contribuèrent à diffuser le concept au delà de ces secteurs industriels

### 2. Les objectives de la TPM

L'objectif de la T.P.M. est d'**obtenir le rendement maximal des équipements sur tout leur cycle de vie et ceci en diminuant les coûts.**

Cette recherche de la performance repose sur une **participation de tous les services et de tout le personnel à l'effort commun**. Il s'agit notamment de transférer certaines tâches de maintenance tels que les réglages, le nettoyage et l'inspection des machines au personnel affecté à ces machines. Ce transfert s'appelle l'automaintenance. Le personnel de maintenance se verra décharger de certaines tâches et pourra donc se consacrer à la maintenance préventive. Il faudra notamment former une partie du personnel à ses nouvelles tâches. Nous reviendrons sur ces notions un peu plus loin.

Donc les objectives sont :

- *Assurer la qualité des produits obtenus en surveillant que les outillages et les installations travaillent aux paramètres optimes ;*
- *Diminuer les coûts de la production, en assurant une fiabilité maximale pour les moyennes fixes et un réponse rapide pour enlever les perturbations de fonctionnement du système de production ;*
- *Respecter les termes des livraisons en assurant les disponibilités nécessaires pour les moyennes fixes ;*
- *Assurer la sécurité du travail en supprimant les causes qui peuvent déterminer des défauts qui pourront menacer la santé des ouvriers ;*
- *La défense de l'environnement par la création des conditions optimale du déroulement de l'activité de production sans émanations nocives.*

#### **L'enjeu économique : la productivité**

Les enjeux de la T.P.M. sont doubles. La recherche de la performance des équipements apporte un gain de productivité pour l'organisation et la gestion de ceux-ci mais apporte aussi beaucoup au niveau du personnel.

- La T.P.M. permet d'**améliorer la performance des équipements** en passant par une augmentation de la disponibilité et un rallongement de la durée de vie des installations. Il est cependant nécessaire de suivre les performances des équipements afin de contrôler la bonne application de la démarche.
- Ce gain de productivité s'accompagnera d'un gain d'argent. En effet, les délais et la non-productivité coûtent chers. En les diminuant voire en les supprimant, l'entreprise fait donc une économie appréciable.
- La démarche T.P.M. prévoit de plus de **réorganiser le service Maintenance** afin de le rendre plus efficace et d'optimiser ses interventions. La réussite de la TPM se base en partie sur une collaboration efficace entre tous les services impliqués.

#### **L'enjeu humain**

La bonne réussite du plan T.P.M. passe par une bonne implication et une bonne participation du personnel. Le personnel, comme l'entreprise gagne à adopter la TPM. A travers la TPM, les opérateurs voient leur travail enrichi par un transfert de tâches de maintenance. Ce transfert ne peut s'effectuer sans une élévation du niveau de leurs compétences. De plus, le personnel participe à la définition des objectifs et à l'amélioration du plan TPM au sein de groupes de travail

La TPM cherche à impliquer et à responsabiliser le personnel. Il s'agit vraiment d'un enrichissement et d'une reconnaissance du travail de chacun. Elle répond aux aspirations de tous

## 2. Les « 5 S » de la TPM

La propreté des machines et l'aspect ordonné de l'entreprise sont quelques parmi les résultats les plus spectaculaires de la TPM. Définis par Nakajima les « 5 S » représentent les principes de base pour obtenir une maintenance réussite. D'origine japonaise, l'appellation de cette méthode s'appuie sur la première lettre de chacune des 5 opérations à accomplir :

**Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu et Shitsuke.**

Seule est compliquée la prononciation de ces cinq mots japonais, qui ont été traduits chez nous par : **Débarras, Rangement, Nettoyage, Ordre et Rigueur.**

Les 5S sont dépourvus de jargon technique et s'adressent à tout le monde et non seulement à une poignée d'experts.

**SEIRI** – arranger, éliminer les choses inutiles ;

Est la solution pour éliminer les micro – arrêtes pendant le temps du travail en évitant de chercher les outils pour n'importe quelle intervention qui peut arriver, ou d'être entourer de toutes sorte des chose pas nécessaire tous le temps. Donc la première « S » demande :

- L'optimisation de l'arrangement des outils, dispositifs et matériels d'entretien pour être facilement observer et rapidement et sans effort accessibles ;
- La réalisation d'une conformité entre le type du matériel utilisé et le type d'outillage desservit pour la diminution du temps de dépannage ;
- Amélioration du niveau d'instruction des opérateurs en ce qui concerne la méthode de maintenance qui doit être appliqué ;
- L'élimination des objets déclassés, des rebuts, des pièces de rechange avec des défauts ou déjà remplacés et l'emplacement optimal des outillages ou des places de travail dans l'atelier.

**SEITON** – ordre, méthodique ;

Impose ordre dans le déroulement les divers activités de production ou de maintenance. Ce « S » implique :

- Le déroulement des activités de maintenance et de production en conformité avec une logique, stratégie, bien établie, pour un rendement maximum des outillages ;
- Une discipline technologique dans l'exécution des tous opérations spécifiques ;
- Le respect des méthodes du travail et leurs modernisation.

**SEISSO** – inspection, contrôle ;

Représente le contrôle, l'inspection périodique, de l'état de fonctionnement de chaque outillage ou installation.

- L'application de la maintenance préventive pour établir un programme d'inspection, d'entretien et de réparation de toutes les moyennes fixes de l'atelier ;
- Le contrôle que ce programme est respecté.

**SEIKETSU** – propreté ;

Exprime les avantages techniques de maintenir la propreté des machines et des outillages de l'entreprise. Ce « S » est concrétisé par :

- La facilité de détecter l'écoulement des fluides ;
- La facilité du contrôle de l'état des vices et de vérifier les niveaux ;

- La détection des fissures et des surcharges des divers composants qui peuvent conduire à l'apparition des défauts ;
- L'élimination des défauts causés par la saleté ou par le contact avec l'écoulement des fluides ;
- La diminution du risque d'incendie ;
- L'élimination du risque de la pollution ;

**SHITHSUKE** – discipline, éducation morale, respect pour les autres.

Ce « S » est un exemple d'un principe de la culture japonaise transposé dans le management moderne des ressources humaines.

### Exemple d'application :

Objective : tester le degré de développement pour les « 5 S », dans une entreprise, pour établir le niveau de compatibilité avec les rigueurs imposés par les principes de la TPM.

On a utilisé un questionnaire qui teste les points clef de ces « 5 S ». Les personnes questionnées font partie des tous les départements de l'entreprise, des tous les spécialisations, et les qualifications.

Une étude statistique, basée sur les moyennes, permettent aux utilisateurs l'identification de niveau général de développement du les « 5 S » en acceptant que 75% du pointage maximum corresponde au niveau minimum admit par TPM.

#### *Un exemple de résultat :*

SEIRI – 67,01% (l'arrangement des outils, dispositifs et pièces de rechange : 60%, la présence des objets inutiles : 61,5%, déviations, obstacles, etc... : 63,3%, l'élimination des pièces de mauvaise qualité : 70,6%, l'accès aux outillages : 79,3%).

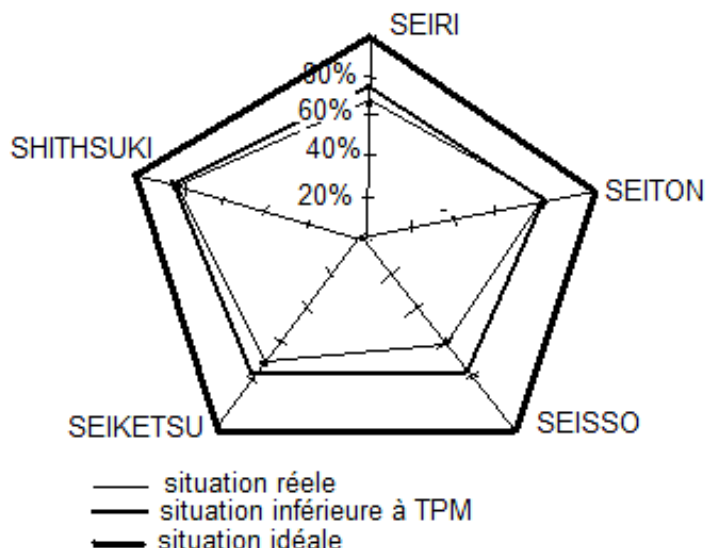
SEITON – 76,49% (le niveau des procès technologique de la maintenance :66%, l'emplacement des outils et des instrumentations d'intervention : 69%, le aspect du processus de production : 91,8%, le bon emplacement du moyenne du protection et PSI :86%, l'emplacement optimale des outillages : 80,6%).

SEISSO – 60,30% (manque de l'historique de fonctionnement des outillages : 46,9%, le programme de vérification des joues des outillages n'a pas été respecté : 48,7%, contrôle pour vérifier le processus technologique de fabrication : 73,9%, l'affichage des paramètres de fonctionnement des outillages : 68,7%).

SEIKETSU – 70,95% (la propreté des SDV-s : 58,4%, et du moyennes du transports : 60,9%, la propreté des moyennes de protection du travail : 75,7%, de la zone du travail : 75,4%, et des chemins d'accès : 72,4%).

SHITHSUKE- 86,96% (respect vers les chefs : 91,8%, et vers les ouvriers : 91,8% respect pour le travail presté : 90,6% et pour le programme du travail : 89,6%).

La représentation des résultats :



### En bref :

Les 5S produisent des résultats spectaculaires et incontestables, résultats qui se manifestent en termes d'habitudes de travail plus adaptées ; d'amélioration de la sécurité de la productivité et de qualité de vie, parce que les gens travaillent dans de meilleures conditions.

La méthode des 5S se révèle à l'usage remarquablement efficace, parce qu'elle transforme physiquement l'environnement du poste de travail et parce qu'elle agit profondément sur l'état d'esprit du personnel tous niveaux hiérarchiques confondus.

Comme toute méthode de management, elle nécessite une implication forte de la hiérarchie et une étape d'information et de formation de l'ensemble de l'encadrement.

## 4. Auto maintenance

*L'auto maintenance suppose à apprendre à tous les opérateurs de production de garder en bon état les outillages et les installations de l'entreprise en les vérifiant quotidiennement, faisant régulièrement le graissage, en remplaçant des certains pièces, en mesurant correctement les paramètres de fonctionnement, en faisant des petits réparations, etc...*

*Tous ces choses supposent le transfère des certains taches de la maintenance vers les opérateurs de production (ouvriers) donc, le département, est dégrève de réaliser des activités répétitives, de routine est se concentre vers les actions les plus importants, essentiels.*

*L'auto maintenance est appliquée le plus souvent aux entreprises bien automatisées. En cas de défaut de fonctionnement, l'ouvrier doit être capable d'établir un diagnostic et même d'intervenir. Pendant la réparation l'ouvrier doit assister et participer pour remédier le défaut, donc il appartient à l'équipe de l'intervention.*

***Donc, l'auto maintenance représente l'implication des ouvriers dans les activités de maintenance des installations et des outillages utilisés dans le processus de production.***

- *L'auto maintenance a comme objectives :*
- *L'application d'un plan efficient de maintenance préventive ;*
- *La surveillance de fonctionnement des outillages et des installations, la création et l'utilisation d'une base historique en ce qui concerne les indicateurs techniques et économiques spécifiques ;*
- *L'adaptation des moyennes de production aux conditionnes techniques et d'environnement dans lesquels sont utilisées ;*
- *L'utilisation des spécialistes en maintenance seulement dans les opérations les plus difficiles.*

Donc l'auto maintenance présente une triple importance :

- De prévenir les dérèglages qui peuvent conduire à l'augmentation des coûts de la maintenance ;
- D'éviter les déplacements inutiles pour les techniciens du département de maintenance pour les interventions pas difficiles ;
- D'assurer un ensemble des tâches de la maintenance préventive simple au niveau des utilisateurs des moyennes de productions.

#### ***Les difficultés d'implémentation de l'auto maintenance***

- *L'augmentation de la responsabilité du manager de la production ;*
- *La diminution de la responsabilité du manager de la maintenance ;*
- Le chargement des opérateurs de production (ouvriers, techniciens...) avec des nouvelles tâches en ce qui concerne la maintenance ;
- La diminution de l'importance du département de la maintenance.

#### **5. Conclusions :**

*TPM est le plus novateur concept du management de la production parce que il entraîne vers la performance tous les fonctions de l'entreprise. La « Maintenance productive », « l'auto maintenance » et « 5 S » sont des principes qui peuvent assurer, chaque un, le succès mais impliquent des sacrifices, donc les ressources humaines doivent être bien motivés.*

## Chapitre III

*Méthodes de la Gestion de Maintenance***I. AMDEC - Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité****1. Principe de base**

L'AMDEC est une technique d'**analyse exhaustive** et **rigoureuse** de **travail en groupe**, très efficace par la mise en commun de l'**expérience** et de la **compétence** de chaque participant du groupe de travail. Cette méthode fait ressortir les **actions correctives** à mettre en place.

- **Analyse exhaustive :**  
On part des éléments pour déterminer les triplets Cause-Mode-Effet.
- **Rigoureuse :**  
On verra plus loin que les causes sont hiérarchisées et un graphe permet de ne pas oublier les moins évidentes. C'est une différence entre l'AMDEC et la méthode MBF.
- **Travail en groupe :**  
Il y aura mise en commun lors des réunions et capitalisation des résultats.
- **Expérience et compétence :**  
Différence entre groupe de travail AMDEC et cercle de qualité : ce ne sont pas des volontaires mais des connaisseurs qui font partie du groupe.
- **Actions correctives :**  
Le système a ou aura des défaillances, l'AMDEC mettra en place des actions correctives pour les corriger.

**2. Déroulement de la méthode**

Pour réaliser une AMDEC, il faut bien connaître le fonctionnement du système qui est analysé ou avoir les moyens de se procurer l'information auprès de ceux qui la détiennent. Pour cela, la méthode AMDEC est divisée en **5 étapes** :

- Initialisation
- Analyse fonctionnelle
- Analyse des défaillances
- Cotation des défaillances
- Actions correctives menées

*Etape 1 : Initialisation*• **Principe de base de la méthode AMDEC**

Lors de la première phase d'initialisation, il faudra d'abord valider le besoin : Pourquoi fait-on cette étude ?

• **Délimitation de l'étude**

Puis il faudra délimiter cette étude : suivant que l'on soit en conception ou en opérationnel, deux opérations n'auront pas la même valeur. C'est une description précise du produit, de la phase du projet et des possibilités de remise en cause par l'analyse.

Tient-on compte des stocks amont, aval, des sous traitants ?

• **Composition du groupe de travail**

L'AMDEC fait appel à l'expérience, pour rassembler toutes les informations que détiennent les uns et les autres, mais aussi pour faire évoluer les conclusions que chacun en tire et éviter que tous restent sur leurs a priori.



On a très souvent intérêt à faire cette analyse en groupe de travail. Les méthodes de travail en groupe doivent être connues et pratiquées afin d'assurer une efficacité optimale en groupe. C'est un critère de réussite essentiel

#### Acteurs de la méthode :

- **Le demandeur** : C'est la personne ou le service qui prend l'initiative de déclencher l'étude. Il choisit l'étude.
- **Le décideur** : C'est la personne responsable dans l'entreprise, du sujet étudié, qui en dernier recours, et à défaut de consensus, exerce le choix définitif. Il est responsable et décideur des coûts, de la qualité et des délais. Ces deux premières personnes n'ont généralement aucune compétence technique pointue.
- **L'animateur** : C'est le garant de la méthodologie, l'organisateur de la vie du groupe. Il précise l'ordre du jour des réunions, conduit les réunions, assure le secrétariat, assure le suivi de l'étude. Très souvent, c'est un intervenant extérieur, ou du moins extérieur au service de façon à pouvoir jouer les candides.
- **Le groupe de travail** : 2 à 5 personnes, responsables et compétentes, ayant la connaissance du système à étudier et pouvant apporter les informations nécessaires à l'analyse (on ne peut bien parler que de ce que l'on connaît bien). Selon l'étude ce sera :
  - des hommes de maintenance
  - des hommes du service qualité
  - des hommes de la production
  - le bureau d'étude
  - des experts du domaine étudié.

**AU TOTAL** : 5 à 8 personnes.

#### Planification des réunions

Il est difficile de réunir 5 à 8 personnes d'un certain niveau (souvent peu disponibles). Pour cela, il faut planifier de la phase "initialisation" jusqu'à la phase "actions menées" en respectant une fréquence d'une demi-journée tous les 15 jours en général.

#### Fin Etape 1 : La fiche de synthèse

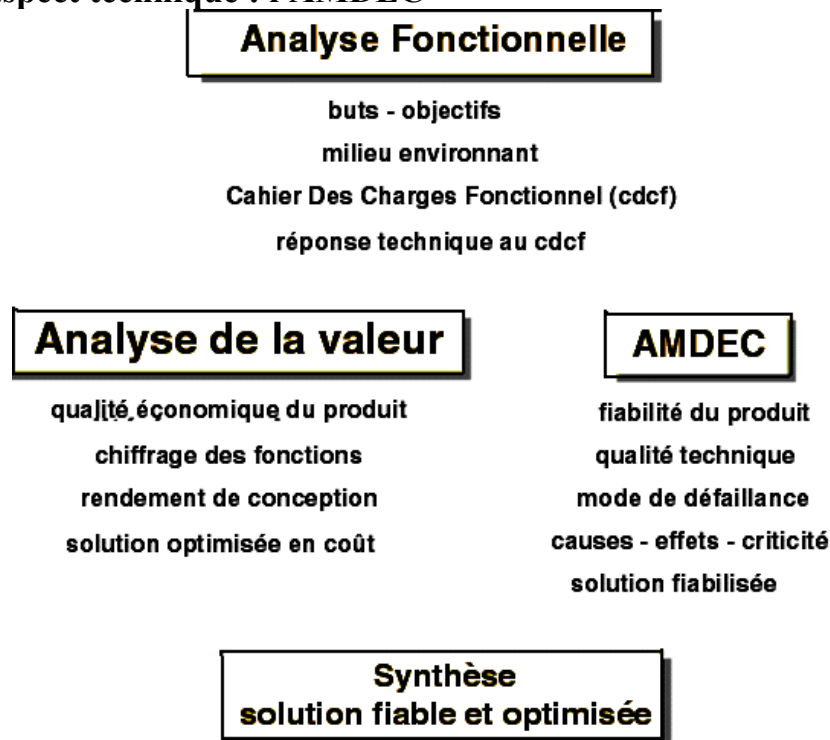
#### Exemple de fiche de synthèse de l'étude AMDEC

| SYNTHESE D'ETUDE AMDEC     |                  | Date :                | Nom :                 |                            |           |
|----------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|-----------|
| Raison sociale du client : |                  |                       |                       | Demandeur :                |           |
| Objectifs :                |                  |                       |                       | Décideur :                 |           |
| Type de fabrication :      |                  |                       |                       | Limites de l'étude :       |           |
| Objectifs de l'étude :     |                  |                       |                       | PARTICIPANTS : (Nom + Tél) |           |
| Causes de l'étude :        |                  |                       |                       | Permanents :   Temporaires |           |
| PLANNING                   | Prévisionnel     |                       |                       |                            |           |
|                            | Semaines         |                       |                       |                            |           |
|                            | Réalisé          |                       |                       |                            |           |
|                            | Légende          | Début : I             | Réunion : R           | Fin : F                    | Suivi : S |
| B<br>I<br>L<br>A<br>N      | INITIAL          |                       | EVOLUTION             |                            |           |
|                            | Date :           | Criticité limite C0 = | Criticité limite C1 = | Criticité limite C2 =      |           |
|                            | Nombre de causes | Total                 |                       |                            |           |
|                            |                  | Criticité > limite    |                       |                            |           |
|                            | %                |                       |                       |                            |           |
|                            |                  |                       |                       | Animateur :                |           |
|                            |                  |                       |                       | Observations :             |           |

- Cette fiche accompagne l'étude tout au long de sa durée. On y retrouve toute la phase d'initialisation plus le suivi de l'étude.
- **BUT** : Formaliser sur un document les points clés de l'étude AMDEC en répondant aux questions : qui, quoi, où, quand, comment, pourquoi ?  
Elle est à remplir par l'animateur lors d'un entretien avec le demandeur et complétée avec le décideur.

### Etape 2 : Analyse fonctionnelle

- Pour analyser les défaillances d'un système, il est nécessaire auparavant de bien identifier à quoi doit servir ce système : c'est à dire de bien identifier toutes les fonctions que ce système doit remplir durant sa vie de fonctionnement et de stockage.
- A partir de l'analyse fonctionnelle, on pourra mener deux études d'aspects différents :
  - **aspect économique** : l'analyse de la valeur
  - **aspect technique** : l'AMDEC



- Cela nous permettra d'aboutir à une synthèse nous donnant une solution fiable sur le plan technique ainsi que sur le plan économique ; **l'analyse fonctionnelle est strictement nécessaire pour construire avec rigueur.**

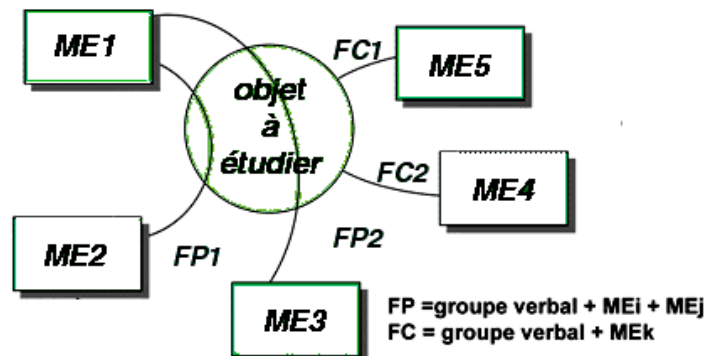
### Analyse fonctionnelle externe

La rosace des fonctions est aussi appelée "**méthode de la pieuvre**".

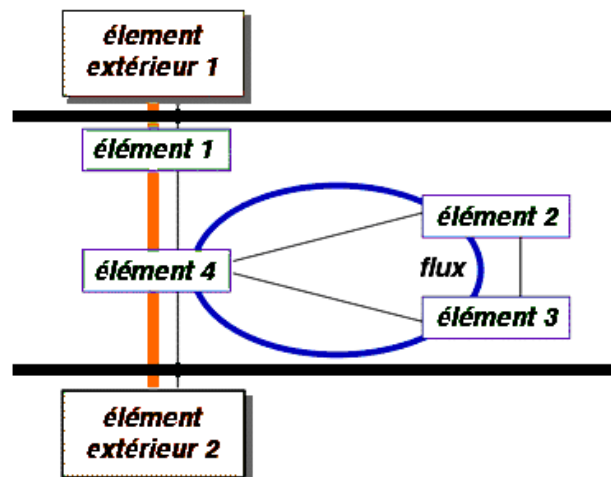
#### Principe de construction :

1. Objet à étudier
2. Milieux extérieurs en contact avec le sujet (contact physique, mécanique,...)
3. Identifier à quel(s) milieu(x) extérieur(s) le sujet rend service. Et Identifier sur quel(s) milieu(x) extérieur(s) le sujet agit.
  - Fonction principale : FP = groupe verbal + ME1+ ME2
  - Fonction contrainte : FC = groupe verbal + ME4

4. Identifier tous les critères de valeur associés à chaque FC et à chaque FP, le cahier des charges fonctionnel doit contenir les :
- FP
  - FC
  - Critères de valeur



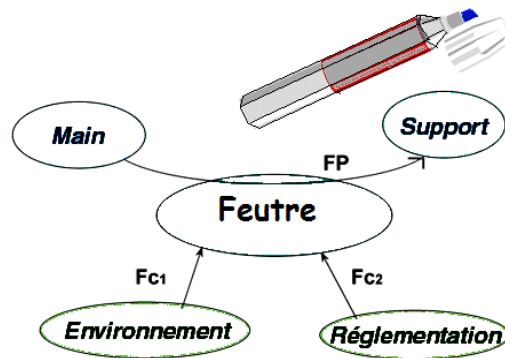
#### Analyse fonctionnelle interne



- On détaille les différents éléments qui vont être analysés dans l'AMDEC ainsi que leur participation dans la ou les fonctions principales.
- Pour cela, on définit les limites du système étudié (traits verts foncés), on schématise chaque composant ou sous-ensemble par un bloc.
- On représente les flux principaux (Transferts d'énergie au sein de l'équipement - trait orange) et les flux bouclés (Consommation d'énergie lors de l'assemblage de l'équipement - Cheminement d'une fonction de conception qui existe pour les besoins de la conception choisie - trait bleu).
- Vous pouvez obtenir plus de détail sur l'analyse fonctionnelle en consultant le module **Analyse Fonctionnelle**

## Exemple du surligneur

## Rosace des fonctions du surligneur



- 1 sujet étudié : le feutre.
- 4 milieux extérieurs :
  - La main
  - Le support
  - L'environnement
  - La réglementation
- A qui le feutre rend-il service ? La main.
- Sur quoi agit-il ? Le support.

## Fonctions du surligneur

**FP** = Mettre en valeur des éléments Inscrits sur un support en utilisant la main

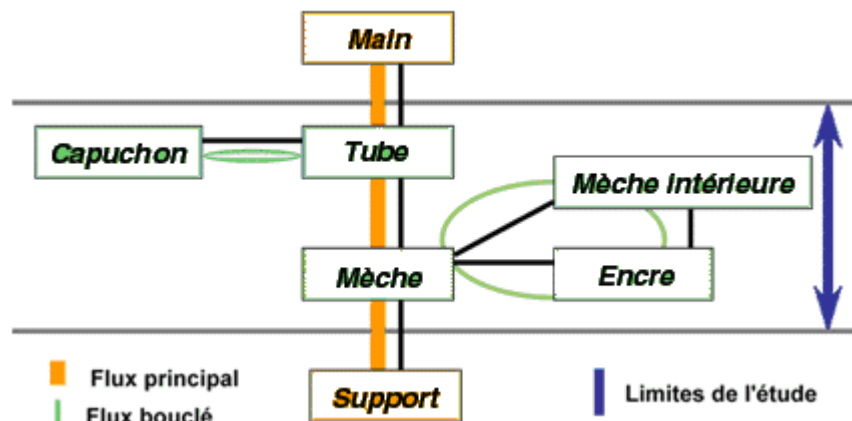
groupe verbal                      ME1                      ME2

**FC1** = Résister à l'environnement

**FC2** = Respecter la réglementation

- Ce qui nous donnera les fonctions suivantes :
  - **Fonction principale** : Mettre en valeur des éléments, inscrits sur un support, en utilisant la main.
  - **Fonctions contraintes** : Résister à l'environnement ; respecter la réglementation.

## Bloc diagramme du surligneur



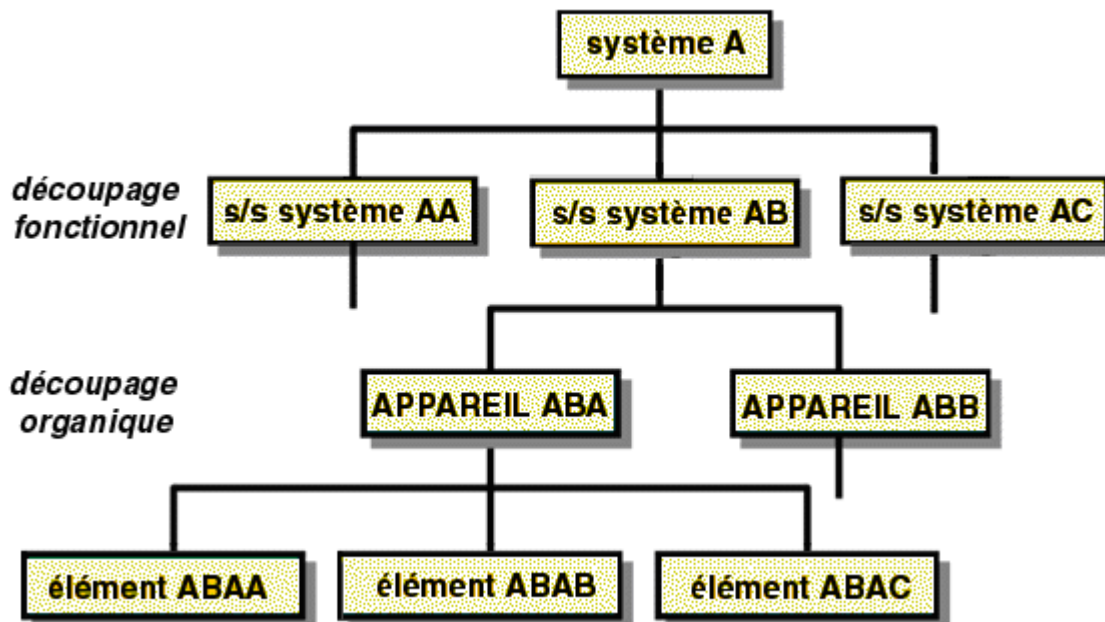
- Chaque élément représente un élément du feutre.

- Le flux principal (Mettre en valeur...) chemine de l'extérieur (la main) à travers les corps (tube, mèche) pour aboutir à l'extérieur (support).
- Les flux bouclés sont les cheminements de fonction conception (maintenir le capuchon sur le tube quand le feutre est en service - Alimenter la mèche en encre quand le feutre est en service).

#### Découpage fonctionnel AMDEC moyen de production

##### Décomposition fonctionnelle et organique : AMDEC moyen de production

- Rosace des fonctions très parlante => on n'a jamais réussi à informatiser correctement cette méthode.
- Pour cela on fait une décomposition fonctionnelle et organique du système ; selon la famille d'AMDEC, on utilise deux types de décomposition :
  - **AMDEC Moyen de production**
  - **AMDEC Processus**
- Dans l'exemple suivant, il s'agit d'une AMDEC Moyen de production à 4 niveaux de décomposition (maximum qu'un technicien puisse comprendre).

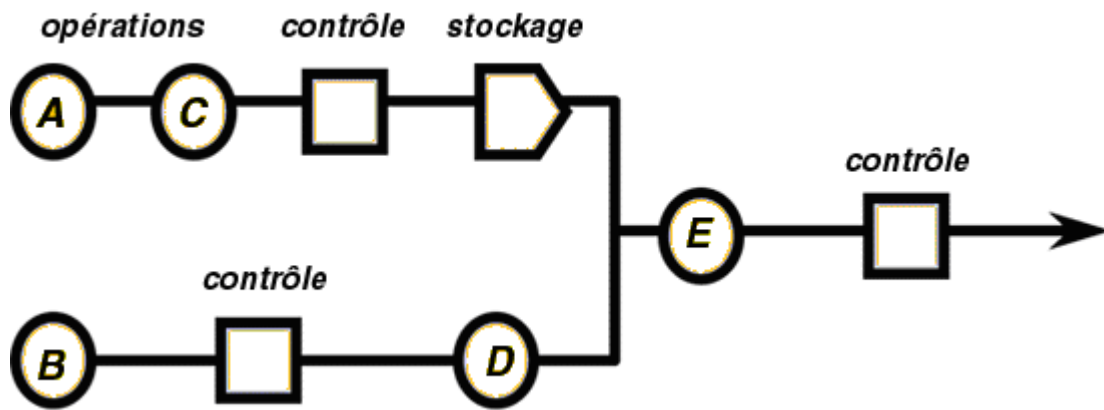


- Pour faire cette décomposition, une analyse fonctionnelle de type APTE préalable est nécessaire.

#### Découpage fonctionnel AMDEC processus

##### Décomposition fonctionnelle et organique : AMDEC processus

- Le diagramme de processus est l'outil schématique qui permet de simplifier le processus par sa décomposition en opérations simples.
- Le support technique de référence est la gamme de montage ; Le processus est découpé en :
  - procédé
  - enchaînement des opérations
  - organisation
  - manutention
  - circuit de retouche

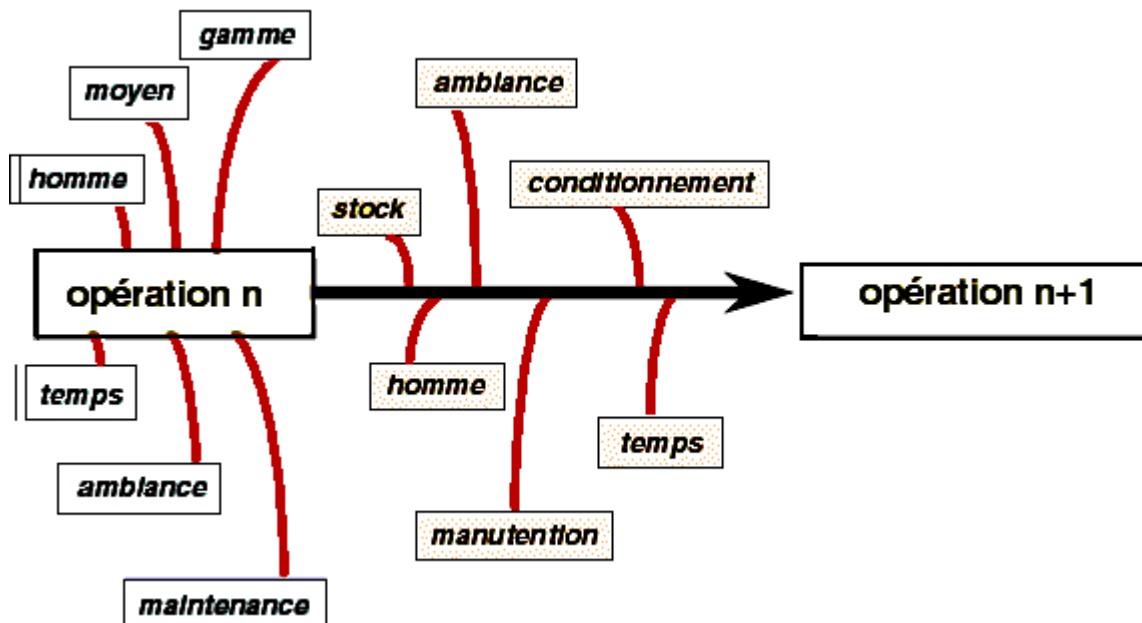


- Le découpage doit rester visible en permanence par tous les membres du groupe.

#### Environnement d'une AMDEC processus

On pourra alors se demander quel peut être l'influence de l'environnement sur une AMDEC Processus :

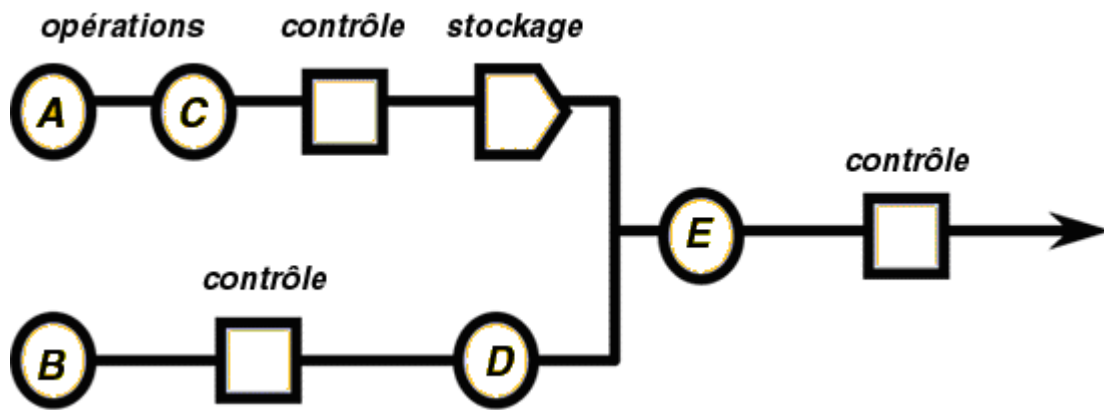
- lors de l'opération
  - moyen (de production pour réaliser l'opération)
  - homme
  - gamme
  - temps (de réalisation)
  - ambiance (humide)
  - maintenance
- entre 2 opérations
  - stock (gestion)
  - moyen de manutention
  - homme
  - temps (entre 2 opérations)
  - ambiance (intérieur chauffé, à l'extérieur)
  - conditionnement (palette, ...)



#### Découpage fonctionnel AMDEC processus

##### Décomposition fonctionnelle et organique : AMDEC processus

- Le diagramme de processus est l'outil schématique qui permet de simplifier le processus par sa décomposition en opérations simples.
- Le support technique de référence est la gamme de montage ; Le processus est découpé en :
  - procédé
  - enchaînement des opérations
  - organisation
  - manutention
  - circuit de retouche

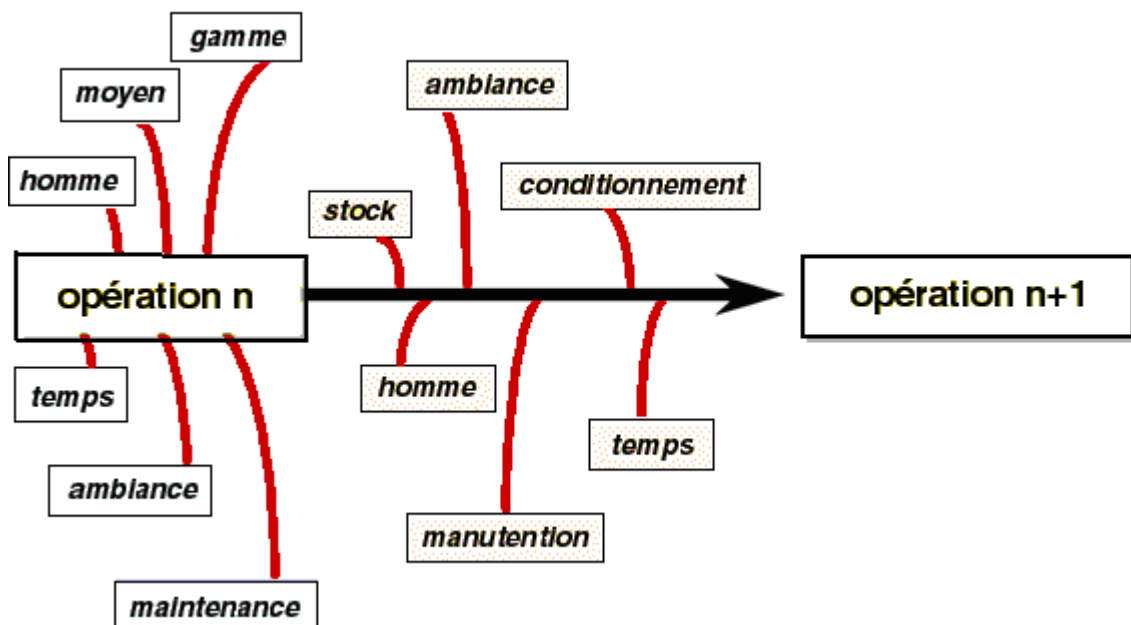


- Le découpage doit rester visible en permanence par tous les membres du groupe.

### Environnement d'une AMDEC processus

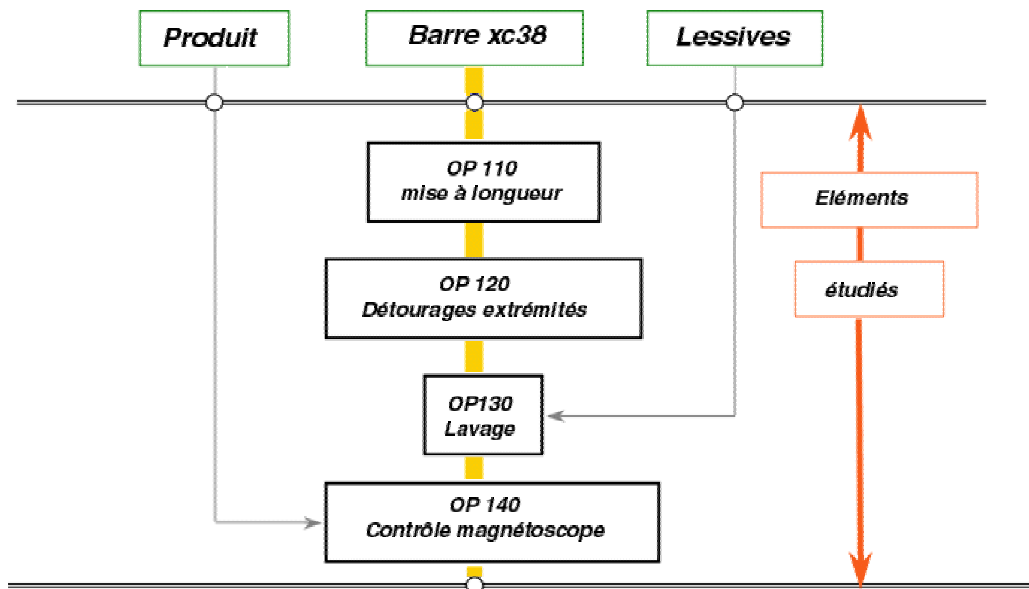
On pourra alors se demander quel peut être l'influence de l'environnement sur une AMDEC Processus :

- lors de l'opération
  - moyen (de production pour réaliser l'opération)
  - homme
  - gamme
  - temps (de réalisation)
  - ambiance (humide)
  - maintenance
- entre 2 opérations
  - stock (gestion)
  - moyen de manutention
  - homme
  - temps (entre 2 opérations)
  - ambiance (intérieur chauffé, à l'extérieur)
  - conditionnement (palette, ...)



### Diagramme de processus : Exemple de découpage de barres métalliques

- Dans l'exemple suivant (document XL CONSULTANT), chaque pavé représente une opération (un nom + un code) ; on étudie le processus et non les éléments intervenant lors de celui-ci (Produit, Lessive).



### Fin Etape 2 : Le dossier

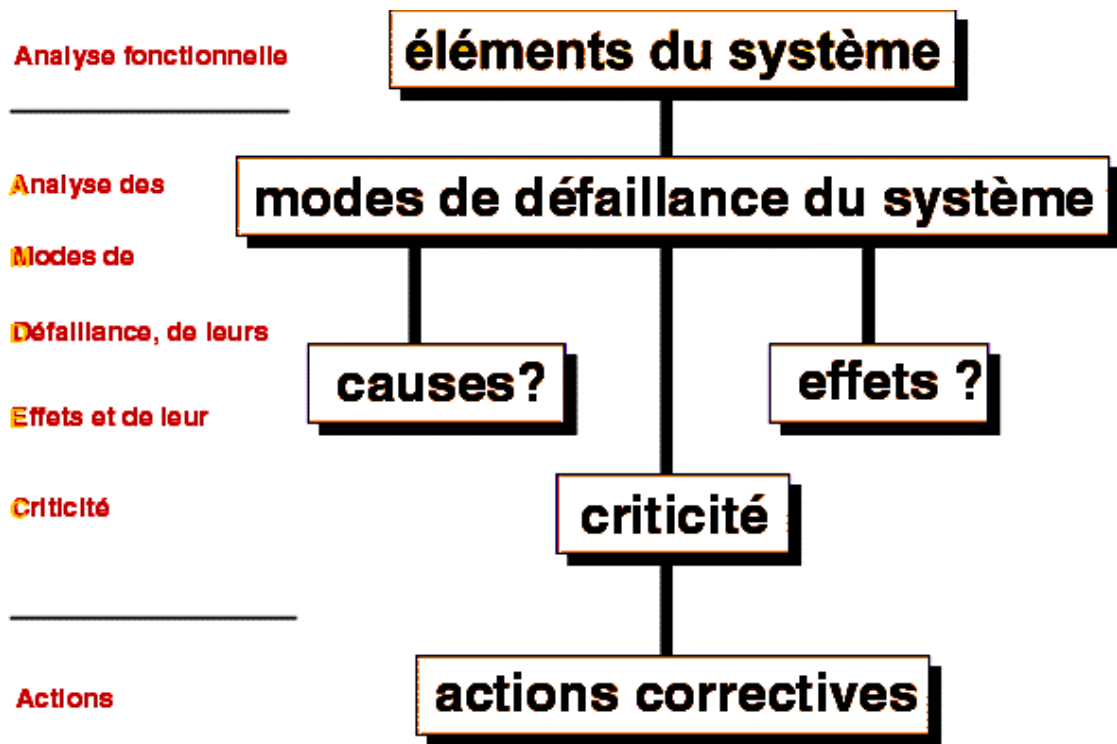
Un des objectifs final des 2 premières étapes de l'AMDEC sera d'aboutir à un dossier complet sur le système étudié.

- Feuille de synthèse de l'état actuel de l'étude AMDEC
- Ce que l'on connaît sur les fonctions à étudier
- Ce que l'on connaît sur l'environnement du système
- Les objectifs de qualité et de fiabilité (conception), le TRS par ex., (en production)
- L'analyse fonctionnelle
- Historiques (lien GMAO-AMDEC)
- Plan de maintenance préventive (lien avec la notion de MBF)
- Conditionnement du produit (marketing).

### Étape 3 : Analyse des défaillances

La démarche AMDEC





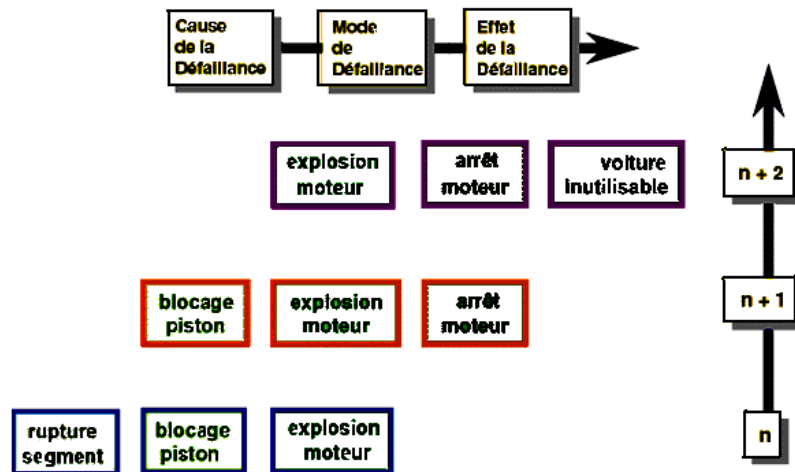
A partir de l'analyse fonctionnelle, la démarche consiste en une recherche : (On considérera seulement les défaillances des éléments, au niveau des feuilles et non des noeuds de l'arborescence)

- des **modes de défaillance** (par ex.: perte de fonction, dégradation d'une fonction, pas de fonction, fonction intempestive)
- des **effets**, au niveau supérieur, pouvant être complétés par une recherche
- des **causes** (choix pouvant être guidé par la gravité des conséquences)
- de la **criticité**. Il s'agit d'une cotation et non d'une quantification des défaillances

#### Vocabulaire

- **Mode de défaillance** : manière dont la défaillance apparaît
- **Cause de défaillance** : événement initiateur
- **Effet de la défaillance** : conséquence sur l'utilisateur
- **Mode de détection** : comment on met en évidence le mode de défaillance

#### Les niveaux d'analyse



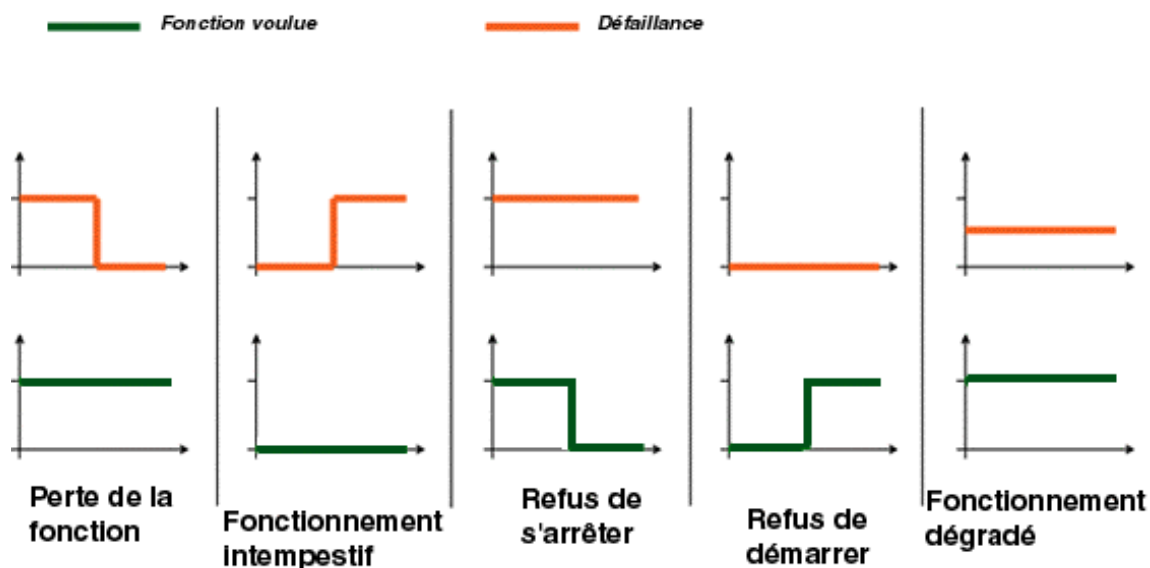
- Il n'existe pas de niveau standard de décomposition du matériel, il est dès lors nécessaire de préciser le niveau de détail auquel on descend dans l'arborescence matérielle pour procéder à l'analyse
- Les notions de cause- mode- effet sont contrastées.
- Elles peuvent facilement être confondues. Pour éviter cela, il faut se donner un nombre maximal de niveaux et surtout ne prendre qu'un niveau unique de référence.
- Cause-Mode-Effet ne veulent rien dire si on ne définit pas un système.
- Dans l'exemple **n** sera le niveau de référence; en changeant de référence, on s'aperçoit que l'événement explosion du moteur passe d'effet à mode puis à cause de défaillance.

#### Mode de défaillance

Le mode de défaillance est :

- Relatif à une **fonction**
- Il s'exprime par la **manière** dont un système vient à ne plus remplir sa fonction.
- Il s'exprime en **termes physiques** :
  - Rupture
  - Desserrage
  - Coincement
  - Court circuit

#### Modes génériques de défaillance



- Il existe **5 modes génériques** de défaillance :
  - perte de la fonction

- fonctionnement intempestif
- refus de s'arrêter
- refus de démarrer
- fonctionnement dégradé

### Quelques exemples de modes de défaillance précis

Quelques exemples de modes de défaillance dans trois domaines différents  
( Electronique - Hydraulique - Mécanique)

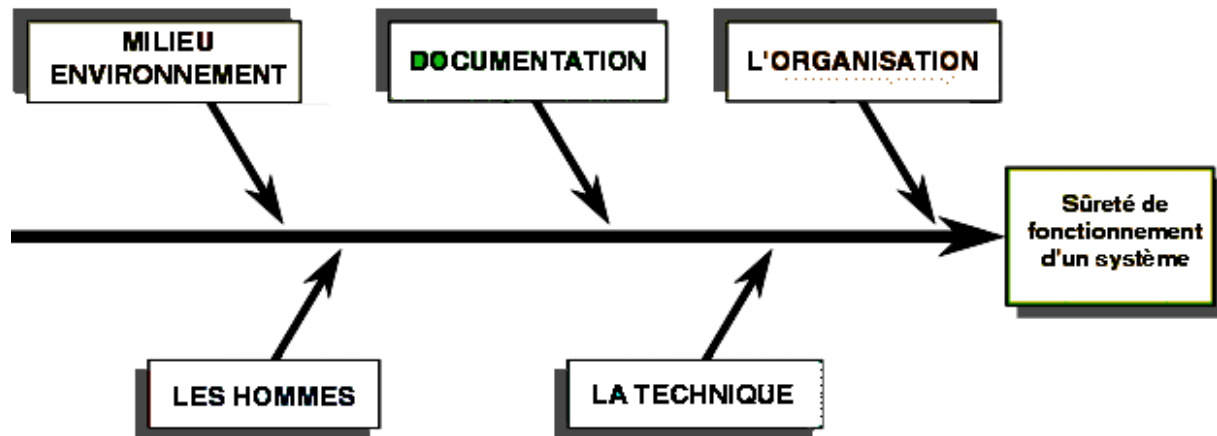
|                                  | <i>ELECTRONIQUE<br/>ELECTROMECHANIQUE</i>   | <i>HYDRAULIQUE</i>  | <i>MECANIQUE</i>  |
|----------------------------------|---|---|---|
| <i>PAS<br/>DE FONCTION</i>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>circuit ouvert</i></li> <li>▪ <i>court circuit</i></li> <li>▪ <i>pas de réponse à la sollicitation</i></li> <li>▪ <i>connexion/fil desserrés</i></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>fuite</i></li> <li>▪ <i>circuit bouché</i></li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>absence de jeu</i></li> </ul>   |
| <i>PERTE<br/>DE FONCTION</i>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>coupure ou court circuit</i></li> <li>▪ <i>composant défectueux</i></li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>obstruction ou coupure circuit</i></li> <li>▪ <i>composant défectueux</i></li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>rupture</i></li> <li>▪ <i>blocage / grippage</i></li> </ul>                             |
| <i>FONCTION<br/>DE GRADEE</i>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Dérive des caractéristiques</i></li> <li>▪ <i>perturbations, parasites</i></li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>mauvaise étanchéité</i></li> <li>▪ <i>usure</i></li> <li>▪ <i>perturbations</i></li> <li>▪ <i>coup de bélier</i></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>mauvaise portée</i></li> <li>▪ <i>désolidarisation</i></li> <li>▪ <i>jeu</i></li> </ul> |
| <i>FONCTION<br/>INTEMPESTIVE</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>déclenchement intempestif</i></li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>coup de bélier</i></li> </ul>   |   |

#### Cause de la défaillance

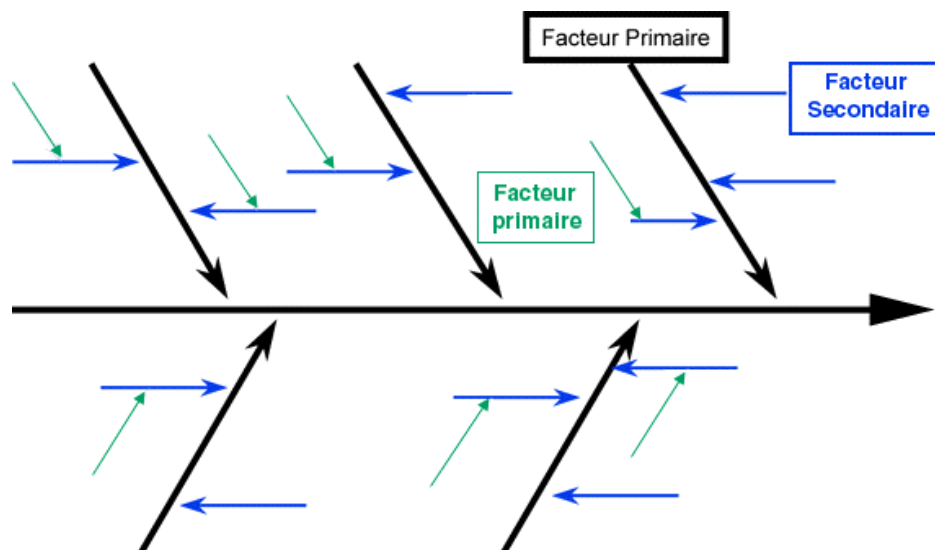
La cause de la défaillance :

- Est une anomalie initiale susceptible de conduire au MODE DE DEFAILLANCE
- Elle s'exprime en terme d'écart par rapport à la norme
  - Sous dimensionnement
  - Absence de joint d'écrou
  - manque de lubrifiant
- Elle se répartit dans les domaines suivants (par exemple) :
  - Les hommes
  - Le milieu
  - La documentation
  - L'organisation
  - La technique

## Diagramme Causes-Effets



- Le diagramme Cause-Effets, c'est l'image des causes identifiées d'un dysfonctionnement potentiel pouvant survenir sur un système.
- Ce diagramme se veut le plus exhaustif possible en représentant toutes les causes qui peuvent avoir une influence sur la sûreté de fonctionnement.
- 5 grandes familles ont été identifiées :
  - l'organisation
  - la documentation
  - la technique
  - les hommes
  - le milieu et l'environnement
- Les 5 grandes familles ou 5 facteurs primaires sont renseignés par des facteurs secondaires et parfois tertiaires; Les différents facteurs doivent être hiérarchisés.
- L'intérêt de ce diagramme est son caractère exhaustif. Il peut aussi bien s'appliquer à des systèmes existants (évaluation) qu'à des systèmes en cours d'élaboration (validation).
- On pourra adjoindre au diagramme précédent des facteurs secondaires et tertiaires qui compléteront les facteurs primaires :



- Par exemple, pour le milieu et l'environnement (facteur primaire), on pourra ajouter l'environnement climatique (facteur secondaire) puis compléter par le vent et le verglas (facteurs tertiaires) ; pour la technique (facteur primaire), le système d'aide (facteur secondaire) puis l'informatique embarquée (facteur tertiaire).

### Exemples de causes

Quelques exemples de causes de défaillance dans trois domaines différents (Électronique - Hydraulique - Mécanique)

|  | <i>ELECTRONIQUE<br/>ELECTROMECHANIQUE</i>   | <i>HYDRAULIQUE</i>   | <i>MECANIQUE</i>   |
|--|---|--|--|
| <i>CAUSES INTERNES<br/>MATERIEL</i>  | <i>vieillessement<br/>composant MS<br/>(mort subite)</i>  | <i>vieillessement<br/>composant MS<br/>(mort subite)<br/>colmatage<br/>fuite</i>   | <i>contraintes mécaniques<br/>fatigue<br/>états de surface</i>   |
| <i>CAUSES LIEES<br/>AU MILIEU<br/>A L'EXPLOITATION A<br/>L'ENVIRONNEMENT</i> | <i>poussières,<br/>huile, eau<br/><br/>chocs,<br/>vibrations<br/><br/>échauffement<br/>local<br/><br/>parasites</i>         | <i>température<br/><br/>eau, huile,<br/>poussières,<br/>copeaux<br/><br/>échauffement<br/>local<br/><br/>chocs,<br/>vibrations</i> | <i>température<br/><br/>eau, huile, poussières,<br/>copeaux<br/><br/>échauffement local<br/><br/>chocs, vibrations</i> |
| <i>CAUSES LIEES<br/>A LA MAIN D'OEUVRE<br/>AUX OUTILS</i>                    | <i>Fabrication<br/>,montage,<br/>réglage<br/><br/>contrôle<br/><br/>manque<br/>énergie<br/><br/>utilisation,<br/>outils</i> | <i>fabrication,<br/>montage,<br/>réglage<br/><br/>contrôle<br/><br/>manque<br/>énergie<br/><br/>utilisation,<br/>outils</i>        | <i>conception (géométrie)<br/><br/>fabrication, montage,<br/>réglage<br/><br/>utilisation, outils</i>                  |

#### Effet de la défaillance

L'effet de la défaillance :

- Concrétise la conséquence,
- est relatif à un mode de défaillance,
- dépend du type d'AMDEC réalisé :
  - mécontentement
  - sécurité des opérateurs
  - arrêt du flux de production

#### Exemple d'effet

- Quelques exemples d'effet d'importance croissante pour quatre critères différents (Sécurité - Fiabilité - Disponibilité - Maintenabilité)

| Pour la SECURITE   | Pour la FIABILITE  | Pour la DISPONIBILITE  | Pour la MAINTENABILITE   |
|--|--|--|--|
| 1 - Sans influence (négligeable)<br>2 - Influence mineure sans blessure<br>3 - Influence moyenne avec blessure<br>4 - Influence important risque de mort | 1 - Mineures<br>2 - Significatives<br>3 - Critiques<br>4 - Catastrophiques | 1 - Arrêt de fonctionnement <T1<br>2 - Arrêt de fonctionnement >T1 et <T2<br>3 - Arrêt de fonctionnement >T2 et <T3<br>4 - Arrêt de fonctionnement >T3 | 1 - MITR <T1<br>2 - MITR >T1 et <T2<br>3 - MITR >T2 et <T3<br>4 - MITR >T3 |

### Fin Etape3 : La grille AMDEC

Un outil

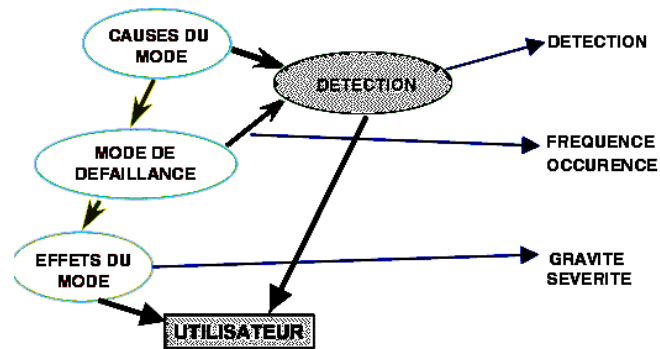
La grille AMDEC : un outil

- On est dans un groupe et il faut faire parler les participants ; un des moyens est la grille AMDEC :

| Nom | Fonction | Mode | Effets | Causes | G | F | N | C | Détection |
|-----|----------|------|--------|--------|---|---|---|---|-----------|
|     |          |      |        |        |   |   |   |   |           |

- On notera la différenciation cause mode effet, par les couleurs, qui sera conservées tout au long de cette présentation.
- La grille AMDEC typique comprend 7 colonnes :
  - nom de l'élément
  - fonction
  - mode de défaillance
  - effets
  - causes
  - cotation de la criticité
  - détection
- La hiérarchisation précédente des causes permettra de remplir plus justement cette grille qui regroupera tous les éléments concernant les défaillances d'un système.

**La chaîne fondamentale**



- En général, on remplit la grille dans l'ordre : Cause, Mode, Effet.
- La détection intervient dès que la cause a été mise en évidence, elle permettra d'éviter les effets.
- Les effets du mode ainsi que la non détection seront ressentis directement par l'utilisateur.
- La cotation de la détection, fréquence, gravité permettra une hiérarchisation des différentes défaillances.

Exemple grille Moyen de production

Exemple de 2 grilles AMDEC Moyen de production utilisées dans l'industrie automobile

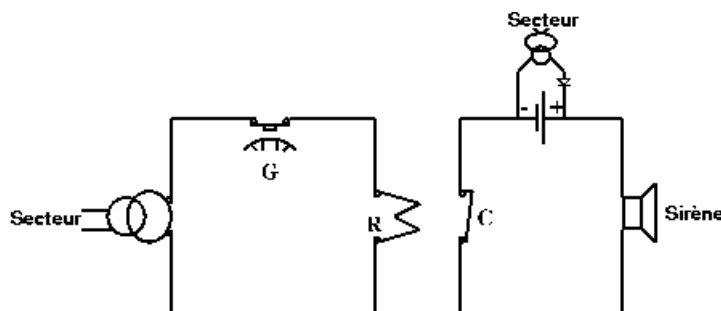
| RENAULT AMDEC Moyen de production |                      |          |                     |        |                                    |           |   |   |   |     |               |                          |                            |            |                |
|-----------------------------------|----------------------|----------|---------------------|--------|------------------------------------|-----------|---|---|---|-----|---------------|--------------------------|----------------------------|------------|----------------|
| N°                                | Elément ou composant | Fonction | Mode de défaillance | Causes | Effets sur système ou sous-système | Détection | G | F | D | IPR | Temps échange | Modifications à réaliser | Disposition de maintenance | Nouvel IPR | Resp. et délai |
|                                   |                      |          |                     |        |                                    |           |   |   |   |     |               |                          |                            |            |                |

| P.S.A. AMDEC Moyen de production |                                    |      |                     |                                 |                          |                     |   |   |   |   |               |                           |   |   |   |   |               |                          |     |
|----------------------------------|------------------------------------|------|---------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------|---|---|---|---|---------------|---------------------------|---|---|---|---|---------------|--------------------------|-----|
| Re-père                          | Identi-fication composant fonction | Nbre | Mode de défaillance | Causes possi. d'une défaillance | Effets sur le sous syst. | Effets sur le syst. | D | O | S | C | Temps échange | Modifi-cations envisagées | D | O | S | C | Temps échange | Nbre pièces 1ère urgence | LPC |
|                                  |                                    |      |                     |                                 |                          |                     |   |   |   |   |               |                           |   |   |   |   |               |                          |     |

Exemple de grille rempli

L'étude AMDEC est faite pour cette sirène :



| Fonction             | Rep. | Mode de défaillance              | Cause  | Effets                                      | G | F | N | C  | Détection            |
|----------------------|------|----------------------------------|--|---|---|---|---|----|----------------------|
| Transformateur       | T1   | Pas de tension au secondaire     | Pas de tension au primaire<br>coupure bobinage | déclenchement de la sirène                  | 1 | 1 | 1 | 1  | Contrôle de la vitre |
|                      |      | Haute tension au secondaire      | Court-circuit primaire-secondaire              | Pas de sirène ou déclenchement de la sirène | 2 | 1 | 4 | 8  |                      |
| Bouton bris de glace | G    | S'ouvre sans bris de glace       | Oxydation<br>Coupure fils                      | Déclenchement de la sirène                  | 1 | 1 | 1 | 1  | Contrôle de la vitre |
|                      |      | Ne s'ouvre pas sur bris de glace | Blocage mécanique<br>Soudure des contacts      | Pas de sirène                               | 4 | 2 | 3 | 24 | Non                  |
| Relais et contact    | R/C  | Le contact se ferme inopinément  | Bobine du relais                               | Déclenchement de la sirène                  | 1 | 2 | 2 | 4  | Par inspection après |
|                      |      | Le contact ne se ferme pas       | Mauvais contact<br>Blocage mécanique           | Pas de sirène                               | 4 | 1 | 4 | 16 |                      |
| Transformateur       | T2   | Pas de tension au secondaire     | Pas de tension primaire<br>Coupure bobinage    | Pas de sirène ou déclenchement de la sirène | 3 | 2 | 4 | 24 | Panne dormante       |
|                      |      | Haute tension au                 | Court-circuit                                  | Pas de sirène ou déclenche-                 | 2 | 2 | 3 | 12 |                      |

|          |  |                             |                                    |   |   |   |   |    |                |
|----------|--|-----------------------------|------------------------------------|---|---|---|---|----|----------------|
|          |  | Haute tension au secondaire | Court-circuit primaire-secondaire  | Pas de sirène ou déclenchement de la sirène | 2 | 2 | 3 | 12 |                |
| Diode    |  | Coupure                     | Surcharge                          | pas de S. ou d. de S.                       | 3 | 3 | 4 | 36 | Panne dormante |
|          |  | Court-circuit               | Surcharge                          | Décharge de la batterie                     | 2 | 4 | 4 | 32 | Panne dormante |
| Batterie |  | Tension insuffisante        | Déchargée                          | pas de S. ou d. de S.                       | 3 | 2 | 4 | 24 | Panne dormante |
|          |  | Tension nulle               | Court-circuit                      | Pas de sirène                               | 4 | 1 | 3 | 12 | Non            |
| Sirène   |  | Pas de bruit                | Pas alimentée<br>Blocage mécanique | Pas de sirène                               | 4 | 2 | 2 | 16 |                |

### Étape 4 : Cotation de la criticité

#### La criticité :

- est évaluée à partir de la **fréquence** de la défaillance et de sa **gravité** ;
- détermine le choix des actions correctives ;
- fixe la priorité entre les actions à entreprendre ;
- est un critère pour le suivi de la fiabilité prévisionnelle de l'équipement ;

La cotation de la criticité permet une **hiérarchisation** des différentes défaillances.

#### Exemple de matrice de sécurité

La criticité peut être évaluée en utilisant une matrice (très utilisée aux USA) :

|          |          |   |   |    |    |  |
|----------|----------|---|---|----|----|--|
|          | <b>G</b> | 1 | 2 | 3  | 4  |  |
| <b>F</b> |          | 1 | 2 | 3  | 4  |  |
| 1        |          | 1 | 2 | 3  | 4  |  |
| 2        |          | 2 | 4 | 6  | 8  |  |
| 3        |          | 3 | 6 | 9  | 12 |  |
| 4        |          | 4 | 8 | 12 | 16 |  |



- La matrice met en évidence la zone critique (en vert sur le dessin) et la zone non critique (en jaune sur le dessin) ; le défaut de cette matrice est qu'elle ne tient pas compte de la notion de détection.

#### Cotation de la criticité

##### Cotation classique de la criticité

C'est une autre façon d'approcher la criticité. La **formule** établie pour tenir compte de la détection, ou du moins de la non détection est la suivante:

$$C = G . F . N$$

*G* : indice de gravité

*F* : indice de fréquence

*N* : Indice de non-détection

Il existe un intérêt de parler de non détection (N) et non pas de détection (D) ; car comme pour Fet G, la criticité est d'autant plus faible que la non-détection est faible.

#### Exemple de cotation des indices

| INDICE | CRITERE G                           | CRITERE F                    | CRITERE N   |
|--------|-------------------------------------|------------------------------|---|
| 1      | Temps d'arrêt inférieur à 12 heures | Moins d'une fois Par an      | Détection efficace qui permet une action préventive afin de prévenir la défaillance |
| 2      | Temps d'arrêt inférieur à 24 heures | Moins d'une fois par mois    | Il y a un risque que la détection ne soit pas efficace                              |
| 3      | Temps d'arrêt inférieur à 1 semaine | Moins d'une fois par semaine | le moyen de détection n'est pas fiable  |
| 4      | Temps d'arrêt supérieur à 1 semaine | Plus d'une fois par semaine  | Il n'y a aucun moyen de détection   |

#### Cotation de la gravité

##### Exemple de cotation de la gravité

| INDICE DE GRAVITE | CRITERE G                           |
|-------------------|-------------------------------------|
| 1                 | Temps d'arrêt inférieur à 12 heures |
| 2                 | Temps d'arrêt inférieur à 24 heures |
| 3                 | Temps d'arrêt inférieur à 1 semaine |
| 4                 | Temps d'arrêt supérieur à 1 semaine |

- Gravité chez le client aval ou le client final
- Ici on a 4 niveaux mais ce n'est pas limitatif. Il faut cependant éviter de choisir un nombre impair car cela entraîne une non décision (oui-non).
- Ici le critère est l'arrêt de la production.

### Cotation de la Gravité Produit

| G      | CRITERES                             |  |
|--------|--------------------------------------|--|
|        | Défaillance                          | Perception du client                           |
| 1      | Mineure                              | Sans conséquence                               |
| 2<br>3 | Sans dégradation des performances    | Gêne légère                                    |
| 4<br>5 | Avec signe avant-coureur             | Indispose ou met mal à l'aise                  |
| 6<br>7 | Dégradation notable des performances | Mécontentement                                 |
| 8      | Avec signe avant-coureur             | Grand mécontentement et/ou Frais de réparation |
| 9      | Sans signe<br>Panne du véhicule      | Grand mécontentement et/ou Frais de réparation |
| 10     | Sans signe avant-coureur             | Problème de SECURITE                           |

Evaluation de la conséquence pour l'utilisateur

Ici 10 niveaux de cotation restent raisonnables car il s'agit d'une AMDEC Produit avec des données nombreuses.

On fait le lien gravité-perception client.

Cotation de la fréquence

Exemple de cotation de la fréquence

| INDICE DE FREQUENCE | CRITERE F                    |
|---------------------|------------------------------|
| 1                   | Moins d'une fois par an      |
| 2                   | Moins d'une fois par mois    |
| 3                   | Moins d'une fois par semaine |
| 4                   | Plus d'une fois par semaine  |

## Cotation de la Fréquence Produit

| F  | Probabilité d'apparition : $P_1 \times P_{2,1}$ |
|----|---|
| 1  | 0 à 3 / 100 000 [                               |
| 2  | [ 3 / 100 000 à 10 / 100 000 [                  |
| 3  | [ 10 / 100 000 à 3 / 10 000 [                   |
| 4  | [ 3 / 10 000 à 10 / 10 000 [                    |
| 5  | [ 1 / 1000 à 3 / 1000 [                         |
| 6  | [ 3 / 1000 à 10 / 1000 [                        |
| 7  | [ 1 / 100 à 3 / 100 [                           |
| 8  | [ 3 / 100 à 10 / 100 [                          |
| 9  | [ 10 / 100 à 30 / 100 [                         |
| 10 | [ 30 / 100 à 100 / 100 [                        |

L'indice de la fréquence représente la probabilité que la cause  $P_1$  se produise et qu'elle entraîne le mode  $P_{2,1}$

- Ici 10 niveaux de cotation car il s'agit d'une AMDEC Produit
- Il en est de même avec l'AMDEC Processus, 10 niveaux ne sont pas rare.

## Cotation de la non-détection

## Exemple de cotation de la Non-détection

| INDICE DE NON DETECTION | CRITERE N   |
|-------------------------|---|
| 1                       | Détection efficace qui permet une action préventive afin de prévenir la défaillance |
| 2                       | Il y a un risque que la détection ne soit pas efficace                              |
| 3                       | le moyen de détection n'est pas fiable  |
| 4                       | Il n'y a aucun moyen de détection   |

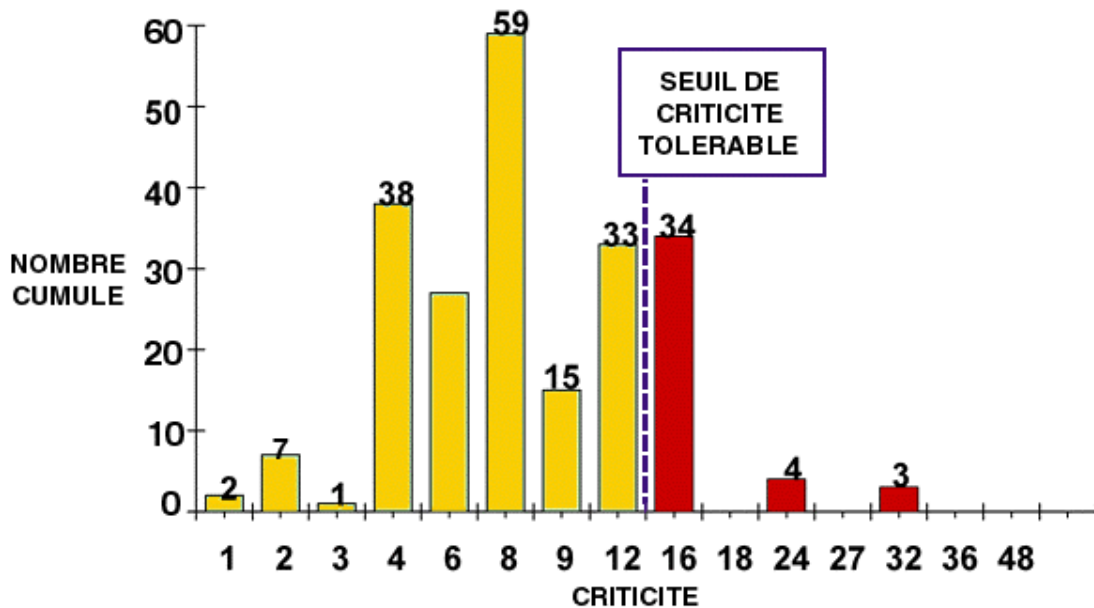
## Cotation de la Non-détection Produit

| F  | Probabilité $P_2$ d'atteindre l'utilisateur du véhicule |
|----|---|
| 1  | [ 0 % à 2 % [   |
| 2  | [ 2 % à 12 % [  |
| 3  | [ 12 % à 22 % [   |
| 4  | [ 22 % à 32 % [   |
| 5  | [ 32 % à 42 % [   |
| 6  | [ 42 % à 52 % [   |
| 7  | [ 52 % à 62 % [   |
| 8  | [ 62 % à 72 % [   |
| 9  | [ 72 % à 82 % [   |
| 10 | [ 82 % à 100 % [  |

L'indice de non-détection représente la probabilité  $P_2$  que la cause (ou le mode) supposée aperçue, atteigne l'utilisateur.

Probabilité que l'utilisateur-client soit atteint par une défaillance.

## Histogramme



- La hiérarchisation de la criticité peut être formalisée sous forme d'un histogramme.
- Le seuil de criticité est déterminé par le groupe de travail.
- Ce seuil est la limite au delà de laquelle des actions correctives et préventives doivent être menées.
- On pourra aussi établir une liste des points critiques.

### Étape 5 : Actions menées

#### Objectifs

- Après la mise en évidence des risques de défaillances critiques, il est impératif que des actions correctives ou préventives soient entreprises.
- Une diminution de la criticité pourra être obtenue en jouant sur un (ou plusieurs) terme(s) du produit  $G \cdot F \cdot D$ .

#### Les différents types de maintenance

##### Maintenance corrective

- En phase de fabrication, et plus particulièrement en phase d'exploitation, les actions menées sont correctives et sont lourdes à mettre en oeuvre.
- Maintenance corrective :
  - Diminution du MTTR
  - Meilleure gestion des **pièces de rechange**
  - Développement d'un **système d'aide au diagnostic**

##### Maintenance préventive

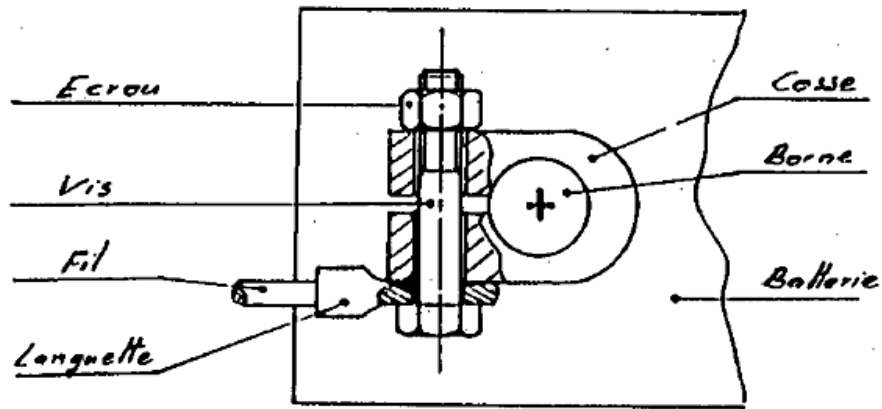
- Tant que l'on se trouve en phase d'étude et de développement, les actions menées sont préventives, pour diminuer les risques inacceptables analysés.
- Maintenance préventive :
  - **Optimisation** des opérations de maintenance préventive.
  - Mise en oeuvre de **nouvelles opérations**.

##### Maintenance améliorative

- Augmentation de la **Sûreté de Fonctionnement**.
- Augmentation du MTBF
- Amélioration de la **sécurité des opérateurs**.
- Amélioration de l'**environnement**.

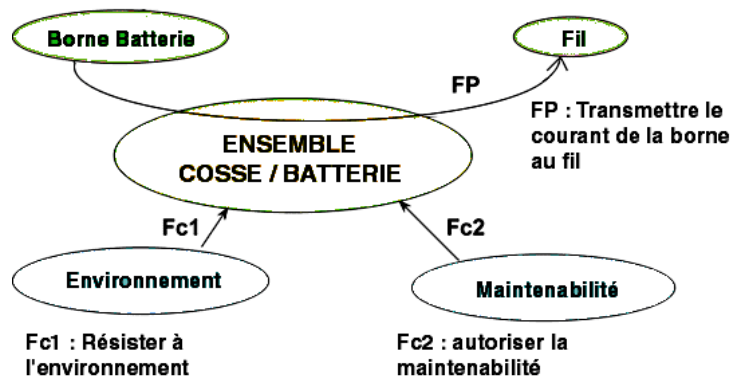
### Exemple complet de la batterie

L'étude AMDEC est faite pour cet ensemble batterie-cosse :



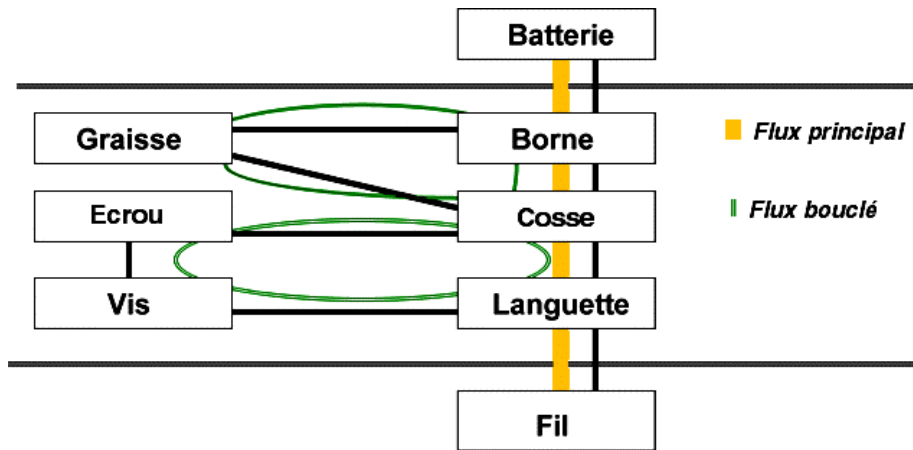
### Analyse fonctionnelle externe

- 4 milieux Extérieurs: 1 FP : Transmettre le courant de la borne au fil  
 2FC : Résister à l'environnement et autoriser la maintenabilité.
- Batterie
  - Fil
  - Environnement
  - Maintenabilité



### Analyse fonctionnelle interne

- en vert : flux bouclé mécanique (Fb) :
- Fb = Maintenir l'ensemble cosse sur la borne
- en jaune : flux principal électrique (Fp) :
- Fp = Transmettre la courant de la borne au fil



### Critères de valeur

| FONCTION  | VERBE   | MILIEU ORIGINE   | MILIEU DESTINATAIRE   |
|-----------|---|--|---|
| Fp (élec) | <i>Transmettre</i>  | <i>Borne</i>   | <i>Fil</i>  |
|           | Nature courant<br>Intensité +/-<br>Tension +/-<br>Durée<br>...                  | Fournisseur<br>Diamètre +/-<br>Conicité +/-<br>Matière<br>Intensité +/-<br>Tension +/- | Type<br>Fournisseur<br>Matière<br>Diamètre<br>Résistance +/-<br>... |
| Fc1       | <i>Résister</i>   | <i>Environnement</i>   |   |
|           | Air sec<br>Air humide<br>Vapeurs hydrocarbures<br>Projection sel<br>Température | Chassis  |   |
| Fc2       | <i>Autoriser</i>  |  | <i>Maintenabilité</i>   |
|           | Nombre<br>Accessibilité   |  | Changement batterie   |
| Fb (méca) | <i>Maintenir</i>  | <i>Cosse</i>   | <i>Borne</i>  |
|           | Tension serrage +/-<br>Positionnement<br>Résistance traction                    | Géométrie  | Géométrie<br>Vibrations   |

- L'ensemble des critères de valeur d'une fonction est l'ensemble des caractéristiques "justes nécessaires" pour que la fonction soit bien réalisée dans l'objectif de fiabilité recherché.
- Le tableau des critères tient compte de Fp mais aussi de Fb.
- On retrouve dans le tableau :
  - la fonction concernée
  - son milieu d'origine
  - son milieu destinataire
- Par exemple, pour Fb (maintenir l'ensemble cosse sur la borne) il faut maintenir :
  - la tension de serrage
  - le positionnement
  - la résistance à la traction
- Le problème peut venir de :
  - la cosse : sa géométrie
  - la batterie : sa géométrie ; les vibrations

**Grille AMDEC de la batterie**

| Fonction | Mode                   | Conséquences  | N° | Causes                                  | Détection      | F | G  | N  | C    | Solutions correctives                                 |
|----------|------------------------|---|----|---|----------------|---|----|----|------|---|
| Fb       | Tension insuffisante   | Mauvais contact désolidarisation = panne                    | 1  | Conception => valeur => pas de freinage | Aucun          | 5 | 15 | 15 | 1125 | Rondelle frein sur écrou freiné<br>Documenter tension |
|          |                        |   | 2  | Fournisseur => Vis                      | Pas d'agrément | 5 | 15 | 15 | 1125 | Plan Assurance qualité chez les fournisseurs          |
|          | Tension trop faible    | Déformation cosse maintenabilité difficile => mécontent     | 3  | Conception => valeur                    | Aucun          | 5 | 5  | 15 | 375  | Documenter tension                                    |
|          |                        |   | 4  | Fournisseur => matière de la cosse      | Pas d'agrément | 5 | 5  | 15 | 375  | Choix matière   |
|          | Mauvais positionnement | Mauvais contact cisaillement borne = très mécontent = panne | 5  | Conception => pénétration               | Aucun          | 5 | 5  | 15 | 125  | Sensibilisation monteur                               |
|          |                        |   | 6  | Accessibilité => fil tordu              | Aucun          | 5 | 5  | 15 | 375  | Augmenter longueur fil                                |

- Dans cette grille, on peut noter 3 modes de défaillance.
- Elle permet de connaître le service responsable de la défaillance.
- Il existe très peu de moyen de détection.

**Résumé La méthode AMDEC**

- La méthode comporte **5 étapes** principales :
  1. **Initialisation** : après une étude de besoin, le système à étudier est choisi, un dossier rassemblé et le groupe compétent est constitué.
  2. **Analyse fonctionnelle** : une arborescence topo fonctionnelle à 4 niveaux est construit (moyen de production, fonctions, sous-systèmes, éléments maintenables).
  3. **Analyse des défaillances** : on obtient alors une liste des défaillances, de leurs causes et de leurs effets que l'on réunit sur une grille AMDEC adaptée.
  4. **Cotation de la criticité** : après avoir validé des grilles de criticité (Fréquence, Gravité et éventuellement mode de détection), le groupe évalue la criticité de chaque défaillance et hiérarchise ces défaillances. Un histogramme de la criticité des défaillances est construit et permet de déterminer les défaillances critiques.
  5. **Actions menées** : des actions correctives et de maintenance sont menées pour diminuer la criticité des défaillances les plus critiques ; une nouvelle cotation est réalisée.

**Questions récapitulatives :**

1 : Parmi les étapes suivantes, laquelle n'appartient pas à une analyse AMDEC ?

Haut du formulaire

- 
- A. Initialisation  
 B. Analyse de la valeur  
 C. Mise en place d'actions correctives  
 D. Analyse des défaillances  
 E. Création des grilles ou matrices de criticité
- 

Bas du formulaire

2: Quels est le terme qui ne peut être un mot – clé de la méthode AMDEC ?



Haut du formulaire

---

- A. Mise en place du TRS
- B. Actions correctives
- C. Travail en groupe
- D. Analyse rigoureuse
- E. Méthode inductive

**3 :** Parmi les éléments suivants quel est celui qui n'est pas utile dans les colonnes de la grille AMDEC ?

Haut du formulaire

---

- A. Causes
- B. Actions de maintenance préventive
- C. Fréquence
- D. Symptômes
- E. Adresses des fournisseurs

**4 :** Parmi les éléments suivants quel est celui qui ne doit pas obligatoirement figurer comme colonne d'une AMDEC ?

Haut du formulaire

---

- A. Actions de maintenance préventive
- B. Mode de défaillance
- C. Causes
- D. Effets

**5 :** Parmi les affirmations suivantes concernant les acteurs de la méthode AMDEC, laquelle est fausse ?

Haut du formulaire

---

- A. L'animateur est le garant de la méthodologie. Il conduit les réunions et assure le suivi de l'étude.
  - B. Le groupe de travail est constitué des personnes ayant une bonne connaissance du système à étudier, choisies dans différents services.
  - C. Le demandeur est la personne qui prend l'initiative de déclencher l'étude.
  - D. Le décideur est le responsable de l'entreprise qui exerce le choix définitif. Il doit donc posséder une bonne connaissance technique
- 

Bas du formulaire

**6 :** Qui remplit la fiche de synthèse ?

Haut du formulaire

---

- A. Le groupe de travail
- B. L'animateur
- C. Le demandeur
- D. Le décideur

**7 :** L'analyse fonctionnelle permet ...

Haut du formulaire

---

- A. ...d'améliorer le rendement en phase de conception.
- B. ... d'améliorer la fiabilité d'un produit.
- C. ... de donner une réponse technique au cahier des charges fonctionnel.
- D. ... de chiffrer le coût des fonctions.

**8 :** L'analyse de la valeur permet de ...

Haut du formulaire

---

- A. ... d'identifier les modes de défaillance.
- B. ... d'améliorer la fiabilité d'un produit.
- C. ... de définir le milieu environnant du produit.
- D. ... d'évaluer la qualité économique d'un produit.

**9** : L'AMDEC permet ...

Haut du formulaire

---

- A. ... d'améliorer la qualité technique d'un produit.
- B. ... d'identifier les buts et objectifs du produit.
- C. ... d'améliorer le rendement en phase de conception.
- D. ... d'évaluer la qualité technique d'un produit.

**10** : Quel type d'AMDEC s'appuie sur une décomposition topo fonctionnelle arborescente ?

Haut du formulaire

---

- A. AMDEC processus
- B. AMDEC moyen de production

**11** : Quel élément ne fait jamais partie du dossier obtenu en fin d'étape 2 ?

Haut du formulaire

---

- A. Plan de maintenance préventive
  - B. Historiques
  - C. Analyse fonctionnelle
  - D. Histogramme de cotation de la criticité
  - E. Objectifs de qualité et de fiabilité
- 

Bas du formulaire

**12** : Le mode de détection est la constatation de l'effet de la défaillance.

Haut du formulaire

---

- A. Faux
- B. Vrai

**13** : Le mode de défaillance est la manière dont la défaillance apparaît.

Haut du formulaire

---

- A. Faux
- B. Vrai

**14** : Quel élément ne constitue pas un mode de défaillance ?

Haut du formulaire

---

- A. Grincement
  - B. Rupture
  - C. Desserrage
  - D. Coincement
  - E. Éclatement
  - F. Court-circuit
- 

Bas du formulaire

**15** : Quel est en général l'élément dont la cotation est la moins importante pour la hiérarchisation des défaillances ?

Haut du formulaire

---

- A. Détection
- B. Fréquence
- C. Gravité

**16** : Quelles sont les deux dimensions de base de la criticité ?

Haut du formulaire

---

- A. Détection et fréquence
- B. Fréquence et sécurité
- C. Détection et sécurité
- D. Maintenabilité et gravité
- E. Gravité et détection
- F. Gravité et sécurité
- G. Maintenabilité et sécurité

H. Fréquence et gravité

**17** : Les constructeurs automobiles donnent une troisième dimension à la criticité. Laquelle

Haut du formulaire

---

- A. Détection
- B. Maintenabilité
- C. Sécurité
- D. Fréquence
- E. Gravité

**18** : Quand fixe-t-on le seuil de criticité ?

Haut du formulaire

---

- A. Avant de démarrer l'étude.
  - B. Une fois la criticité des défaillances évaluée.
- 

Bas du formulaire

**19** : Sur quel facteur de la criticité les actions de prévention agissent-elles ?

Haut du formulaire

---

- A. Fréquence
- B. Gravité
- C. Maintenabilité
- D. Sécurité
- E. Détection

**20** : Quant aux actions de protection, sur quel facteur de la criticité agissent-elles ?

Haut du formulaire

---

- A. Maintenabilité
- B. Sécurité
- C. Gravité
- D. Fréquence
- E. Détection

## II. Diagramme d'Ishikawa

### LE DIAGRAMME DE CAUSES A EFFET

**Le diagramme d'Ishikawa est un outil qui permet d'identifier les causes possibles d'un effet constaté et donc de déterminer les moyens pour y remédier.**

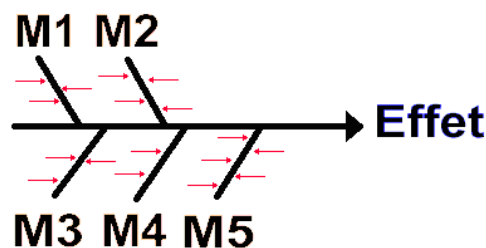
Le diagramme d'Ishikawa est également appelé le diagramme causes-effet, le diagramme en arête de poisson ou la méthode des 5M.

L'utilisation du diagramme d'Ishikawa présente les avantages suivants:

- Il permet de classer les causes liées au problème posé.
- Il permet de faire participer chaque membre de l'équipe à l'analyse.
- Il permet de limiter l'oubli des causes par le travail de groupe.
- Il permet de fournir des éléments pour l'étude de ou des solutions.

La construction du diagramme d'Ishikawa est basée sur un travail de groupe. Il est élaboré en plusieurs étapes :

1. Décrivez clairement le problème.
2. Par un Brainstorming, déterminez les principales catégories de causes. Souvent on utilise un ensemble de catégories que l'on nomme les 5M : **M**ain d'œuvre, **M**éthodes, **M**achines, **M**atériaux, **M**ilieu.
3. Tracez le squelette du diagramme d'Ishikawa et y inscrivez les catégories.
4. Pour chaque catégorie inscrivez les causes suggérées par les membres du groupe en posant à chaque fois la question : pourquoi cette cause produit-elle cet effet ?
5. Classez, si c'est possible, les causes suggérées en des sous-catégories.
6. Déterminez les causes premières qu'il est possible d'éliminer.
7. Agissez sur la ou les causes pour corriger le défaut en donnant des solutions et en mettant en place des actions correctives.



### Présentation

- Il faut dans un premier temps définir clairement l'effet sur lequel on souhaite directement agir.
- Il est très important de parvenir au consensus sur la définition et les caractéristiques de la question traitée.

Pour cela il faut :

- Lister à l'aide de la méthode de « brainstorming » par exemple, toutes les causes susceptibles de concerner le problème considéré.
- Il faut bien approfondir et explorer toutes les dimensions d'une situation donnée
- Classer par famille toutes les causes d'un problème déterminé (3 à 5 familles est un choix raisonnable)

Il est important de bien visualiser, de façon claire, cette relation ordonnée de causes à effet.

## Construction du diagramme

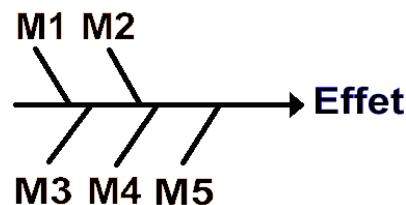
Le diagramme d'Ishakawa se construit en cinq étapes :

1) Placer une flèche horizontalement, pointée vers le problème identifié ou le but recherché.

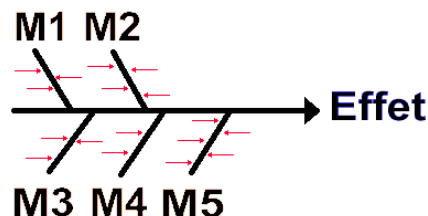
2) Regrouper les causes potentielles en familles, appelées communément les cinq M :

- ▶ Matière, M1 : Recense les causes ayant pour origine les supports techniques et les produits utilisés.
- ▶ Main d'œuvre, M2 : Problème de compétence, d'organisation, de management.
- ▶ Matériel, M3 : Causes relatives aux Machines, aux équipements et moyens concernés.
- ▶ Méthode, M4 : Procédures ou modes opératoires utilisés.
- ▶ Milieu, M5 : Environnement physique : lumière, bruit, poussière, localisation, signalétique etc...

3) Tracer les flèches secondaires correspondant au nombre de familles de causes potentielles identifiées, et les raccorder à la flèche principale. Chaque flèche secondaire identifie une des familles de causes potentielles.



4) Incrire sur des mini flèches, les causes rattachées à chacune des familles. Il faut veiller à ce que toutes les causes potentielles apparaissent.



5) Rechercher parmi les causes potentielles exposées, les causes réelles du problème identifié. Ce sera notamment la cause la plus probable qu'il restera à vérifier dans la réalité et à corriger.

**Conclusions :** La méthode « 5 M » est un **outil d'analyse de causes probables**.

### Exemple complet :

Pour étudier un effet, par exemple des rayures constatées sur des faces avant d'appareils, dans le processus de fabrication :

On commence par définir les grandes catégories de causes puis on descend de proche en proche jusqu'aux détails :

- La **Main d'oeuvre** peut-elle être la cause de rayures ?  
Oui, car elle est peut manipuler maladroitement et cogner les pièces, porter des bijoux à arrêtes vives, etc.. Chacune de ces sous-causes sera une branchette s'ajoutant à la branche main d'oeuvre.
- Le **milieu** peut-il être cause de rayures ?

Oui, l'éclairage est insuffisant pour détecter les défauts en amont, le poste de travail est sale, il reste des copeaux, l'outillage est susceptible de toucher la pièce...

- La **matière** peut-elle être la cause de rayures ?  
Oui, elle est trop tendre, sensible...
- La/les **méthode(s)** peu(ven)t-elle(s) être cause(s) de rayures ?  
Oui, la pièce n'est pas encore froide lorsqu'on la manipule, l'évacuation des débris, copeaux n'est pas prévue...
- Les **machines** peuvent-elles être causes de rayures ?  
Oui, le dégagement d'outil est trop juste lorsque l'on retire la pièce, il y a projection de matière...
- Le **management** peut-il être cause de rayures ?  
? Probablement pas
- Les **moyens financiers** peuvent-ils être causes de rayures ?  
? Probablement pas

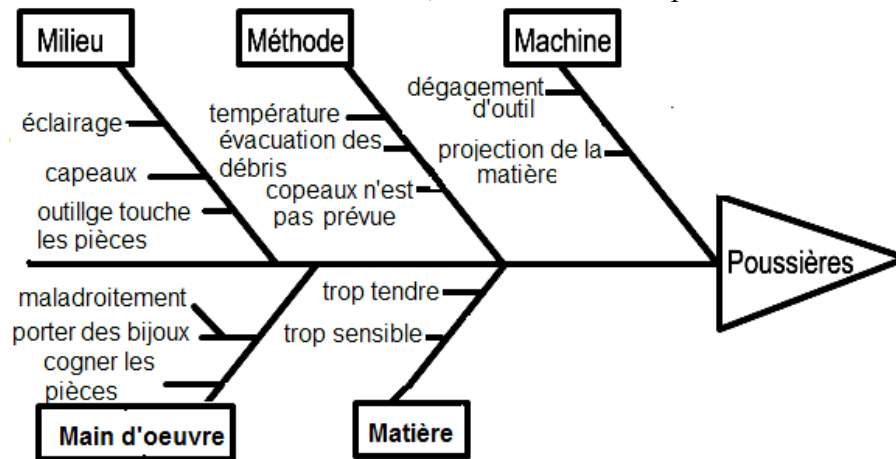
Lorsqu'un diagramme est bien renseigné, il faut aller vérifier sur le site que les causes citées engendrent réellement l'effet.

Il faut alors :

- Réfléchir avec l'objet en question sur le site
- Répéter 5 fois " Pourquoi ? " (méthode **TOYOTA**) = chercher causes des causes
- Visiter 100 fois le lieu du crime (méthode de la police)

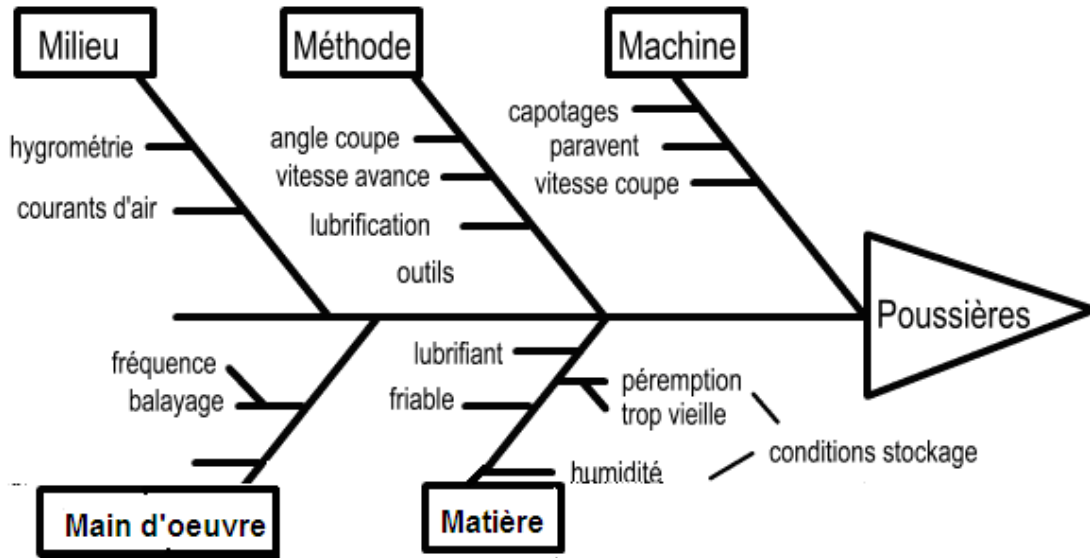
Lorsque les vraies causes sont identifiées, que les influences relatives de chaque cause (poids) sont connues, il faut attaquer par priorité les causes aux influences prépondérantes.

On examine ensuite les effets des modifications, et l'on affiche le "poisson" réactualisé.



Lorsque l'on peut considérer que toutes les relations de causes à effet sont décrites et illustrées de façon appropriée, le diagramme est complet.

**Exemple** Quelles sont les causes possibles à l'apparition de poussières ?



### III. Méthode ABC

#### Loi de Pareto

Un économiste italien, Vilfredo Pareto, en étudiant la répartition des impôts constata que 20% des contribuables payaient 80% de la recette de ces impôts. D'autres répartitions analogues ont pu être constatées, ce qui a permis d'en tirer la loi des 20 – 80 ou loi de Pareto. Cette loi peut s'appliquer à beaucoup de problèmes, c'est un outil efficace pour le choix et l'aide de la décision.

#### Exemple de répartitions appliquées à la maintenance

- 20% des systèmes représentent 80% des pannes.
- 20% des interventions représentent 80% des coûts de maintenance.
- 20% des composants représentent 80% de la valeur des stocks

#### Mise en application de la loi

L'exploitation de cette loi permet de déterminer les éléments les plus pénalisants afin d'en diminuer leurs effets :

- diminuer les coûts de maintenance ;
- améliorer la fiabilité des systèmes ;
- justifier la mise en place d'une politique de maintenance.

#### 1. Fonction

Suggérer objectivement un choix, c'est-à-dire classer par ordre d'importance des éléments (produits, machines, pièces,...) à partir d'une base de connaissance d'une période antérieure (historique des pannes par exemple). Les résultats se présentent sous la forme d'une courbe appelée courbe ABC dont l'exploitation permet de détecter les éléments les plus significatifs du problème à résoudre et de prendre les décisions permettant sa résolution.

#### 2. Présentation

La méthode ABC, issue de la loi de Pareto, est simple à appliquer et la courbe facile à tracer pour autant que l'on suive la méthodologie. L'allure de la courbe permet de définir trois zones appelées respectivement zones A, B, et C d'où le nom de la méthode (voir courbe page suivante).

##### 2.1 Déterminer le cadre de l'étude

Le service de maintenance désire connaître par exemple :

- les équipements qui nécessitent le plus d'interventions ;
- le type de pièce à posséder en stock...

En résumé, il s'agit de définir le problème à étudier.

## 2.2 Déterminer les critères représentatifs

A partir du problème à résoudre, déterminer le critère le plus significatif qui peut être :

- les coûts de maintenance ;
- la durée des interventions...

## 2.3 Déterminer la période la plus représentative

Il s'agit de limiter la durée de la période qui va servir de base à l'étude. Il est important de minimiser les phénomènes saisonniers.

## 2.4 Préparation de la courbe

En fonction de la période retenue, il s'agit d'extraire de la documentation les éléments nécessaires tels que le nombre d'heures d'intervention pour chaque équipement, les coûts de maintenance... Tous ses renseignements doivent être représentés dans un tableau.

| Équipement | Nombre d'heures d'intervention | Coûts de maintenance |
|------------|--------------------------------|----------------------|
| A          | 400                            | 4000                 |
| B          | 720                            | 3600                 |
| C          | 50                             | 1500                 |
| D          | 1200                           | 9600                 |

## 2.5 Établir le tableau de classement

Choisir le critère de classement, par exemple les coûts de maintenance si l'on recherche une diminution des coûts.

Classer par ordre décroissant les équipements en fonction des coûts et calculer les valeurs cumulées.

| Équipement | Coût de maintenance | Coût de maintenance cumulé |
|------------|---------------------|----------------------------|
| D          | 9600                | 9600                       |
| A          | 4000                | 13600                      |
| B          | 3600                | 17200                      |
| C          | 1500                | 18700                      |

## 3. Traçage de la courbe

### 3.1 Déterminer les échelles

Le tableau de classement ayant été établi, tous les éléments sont réunis pour tracer la courbe, sur des axes de coordonnées rectangulaires.

**En abscisse** on porte les éléments faisant l'objet de l'étude (équipements, pièces,...).

**En ordonnée** on porte les valeurs cumulées du critère retenu (coûts, heures, pannes,...).

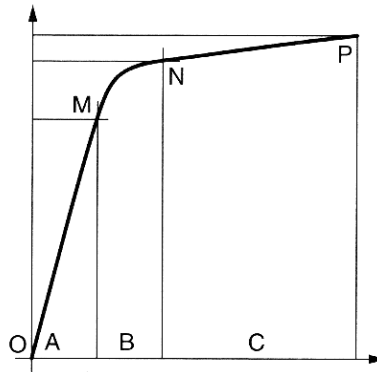
Il est indispensable que le tracé de la courbe soit inscrit dans un carré pour l'exploitation de celle-ci. On choisit les échelles de telle façon que l'ordonnée et l'abscisse représente chacune au total un segment de longueur égale ou voisine.

En outre, on peut doubler l'abscisse et l'ordonnée d'une seconde échelle faisant apparaître les pourcentages qui permettront l'interprétation de la courbe sous la forme de pourcentage (exemple : 18% des éléments étudiés représentent 75% des coûts).



### 3.2 Construction de la courbe

Il suffit alors de pointer pour chaque élément la valeur cumulée correspondante.



### 3.3 Déterminer les zones « ABC »

Il s'agit de délimiter sur la courbe obtenue des zones à partir de l'allure de la courbe. En général la courbe possède deux cassures, ce qui permet de définir trois zones :

La partie droite de la courbe OM détermine la zone appelée A.

La partie courbe MN détermine la zone appelée B.

La partie assimilée à une droite NP détermine la zone appelée C.

Si la droite présente trois cassures, on détermine quatre zones A, B, C et D. Seule l'allure de la courbe doit permettre de déterminer les zones.

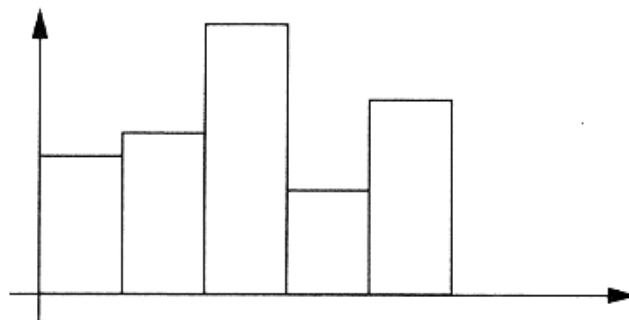
Plus la courbe est écrasée, moins elle est significative ; à la limite, une diagonale signifie que, par rapport au critère choisi, tous les éléments étudiés ont la même importance et qu'il n'y a pas lieu de prendre de mesures particulières.

### 3.4 Interprétation de la courbe

L'étude porte dans un premier temps sur les éléments constituant la zone A en priorité. Si les décisions et modifications apportées aux éléments de la zone A ne donnent pas satisfaction, on continuera l'étude sur les premiers éléments de la zone B jusqu'à satisfaction. Les éléments appartenant à la zone C peuvent être négligés car ils ont peu d'influence sur le critère étudié.

## 4. Diagramme en bâtons

Ce type de diagramme peut être utilisé pour effectuer un classement à partir d'un critère (exemple : origine des pannes suivant la technologie) et de déterminer le critère qui servira pour l'étude du problème à résoudre à l'aide de la méthode ABC.



## 5. Méthode ABC appliquée à une cintrreuse

### FICHER HISTORIQUE

| N° de l'intervention | Date     | Hydraulique | Pneumatique | Mécanique | Électrique | Désignation de l'intervention  | Temps passé (h et 100 <sup>e</sup> d'h) | Coût (F) | Pièce de rechange | Coût total (F) |
|----------------------|----------|-------------|-------------|-----------|------------|--|---|----------|-------------------|----------------|
|                      |          |             |             |           |            |  |   |          | Coût (F)          |                |
| 1                    | 06-09-97 |             | X           |           |            | Pas de serrage de la pince.  | 0 h 75                                  | 120      |                   | 120            |
| 2                    | 13-09-97 |             |             | X         |            | Rupture des vis du mors de serrage.  | 1 h 75                                  | 282      |                   | 282            |
| 3                    | 14-09-97 |             |             | X         |            | Rupture des vis de la tête de dégagement.  | 2 h                                     | 322      |                   | 322            |
| 4                    | 25-09-97 |             |             | X         |            | Rupture des vis du mors de serrage.  | 3 h                                     | 483      |                   | 483            |
| 5                    | 28-09-97 |             |             | X         |            | Changer le pignon de dégagement.   | 1 h 75                                  | 282      | 79                | 361            |
| 6                    | 15-10-97 |             |             |           | X          | Changer le capteur retour cintrage.  | 0 h 50                                  | 95       | 375               | 470            |
| 7                    | 18-10-97 |             |             |           | X          | Changer le câble de contrôle d'ouverture et de fermeture des mors.   | 1 h 50                                  | 287      |                   | 287            |
| 8                    | 22-10-97 | X           |             |           |            | Fuite d'huile sur le vérin de fermeture des mors.  | 1 h                                     | 161      |                   | 161            |
| 9                    | 29-10-97 |             |             | X         |            | Changer les circlips de l'axe du mors de serrage.  | 0 h 50                                  | 80       |                   | 80             |
| 10                   | 04-11-97 |             |             | X         |            | Jeu important dans la tête de cintrage. Changer les arbres repères 8 et 15, les bagues repères 12, 14, 16 et 40. Modification et pose d'un joint arbre repère 8. | 28 h                                    | 4 508    | 5 037             | 9 545          |
| 11                   | 15-12-97 |             |             | X         |            | Installation d'un graisseur sur la tête de cintrage de l'arbre repère 8. Changer les bagues repères 12, 14 et 16 de la crémaillère du mécanisme de dégagement.   | 9 h 70                                  | 1 561    | 1 341             | 2 902          |
| 12                   | 03-01-98 |             |             | X         |            | Changer le pignon de dégagement repère 27.   | 2 h                                     | 322      | 79                | 401            |
| 13                   | 31-01-98 |             |             | X         |            | Changer le pignon de dégagement repère 27.   | 1 h 70                                  | 274      | 79                | 353            |
| 14                   | 20-02-98 | X           |             |           |            | Changer le distributeur de cintrage.   | 1 h                                     | 161      | 1 090             | 1 251          |
| 15                   | 25-02-98 |             |             | X         |            | Jeu sur l'arbre de dégagement, mauvaise lubrification. Changer les bagues repères 12, 14 et 16.  | 5 h 70                                  | 918      | 84                | 1 002          |
| 16                   | 06-03-98 |             |             | X         |            | Rupture des vis du mors de serrage.  | 2 h                                     | 322      |                   | 322            |
| 17                   | 14-03-98 |             |             |           | X          | Changer le commutateur manuel.   | 1 h 95                                  | 372      |                   | 372            |
| 18                   | 14-04-98 |             |             | X         |            | Jeu important dans la tête de cintrage. Changer le bras de cintrage et fabriquer l'arbre en acier X30 Cr13.  | 26 h 85                                 | 4 323    | 20 809            | 25 152         |
| 19                   | 19-04-98 |             |             |           | X          | Changer le relais de commande du cintrage.   | 2 h                                     | 362      | 62                | 444            |
| 20                   | 06-05-98 |             |             |           | X          | Changer le capteur de fermeture des mors.  | 1 h 95                                  | 372      | 422               | 794            |
| 21                   | 07-05-98 |             | X           |           |            | Changer le pilote du distributeur d'ouverture de la pince.   | 0 h 95                                  | 153      | 125               | 278            |
| 22                   | 09-05-98 |             |             |           | X          | Réglage et mise au point.  | 1 h                                     | 191      |                   | 191            |
| 23                   | 07-06-98 |             |             |           | X          | Réglage et mise au point.  | 1 h                                     | 191      |                   | 191            |
| 24                   | 25-06-98 |             |             |           | X          | Réglage et mise au point.  | 2 h                                     | 382      |                   | 382            |
| 25                   | 09-07-98 |             |             | X         |            | Rupture de la vis du flasque inférieur repère 141.   | 4 h 95                                  | 797      |                   | 797            |

## ANALYSE DE FICHER HISTORIQUE

| Technologie | Nb. de pannes | Durée totale (h et 100 <sup>e</sup> d'h) | Pourcentage | Coût total (F) | Pourcentage |
|-------------|---------------|--|-------------|----------------|-------------|
| Hydraulique | 2             | 2 h                                      | 1,9         | 1 412          | 3           |
| Pneumatique | 2             | 1 h 70                                   | 1,6         | 398            | 0,8         |
| Mécanique   | 13            | 89 h 90                                  | 85,2        | 42 002         | 89,5        |
| Électrique  | 8             | 11 h 90                                  | 11,3        | 3 131          | 6,7         |
| TOTAL       | 25            | 105 h 50                                 | 100         | 46 943         | 100         |

Le tableau ci-dessus met en évidence le poids relatif des interventions de mécanique aussi bien sur le plan de nombre d'interventions, que sur leur durée ou leur coût.

On peut donc penser que pour diminuer les coûts de maintenance, on doit faire porter l'effort dans cette technologie.

A partir de la méthode ABC on détermine l'ordre de priorités d'étude et on définit les actions à mettre en œuvre dans le domaine mécanique pour diminuer les coûts de la maintenance.

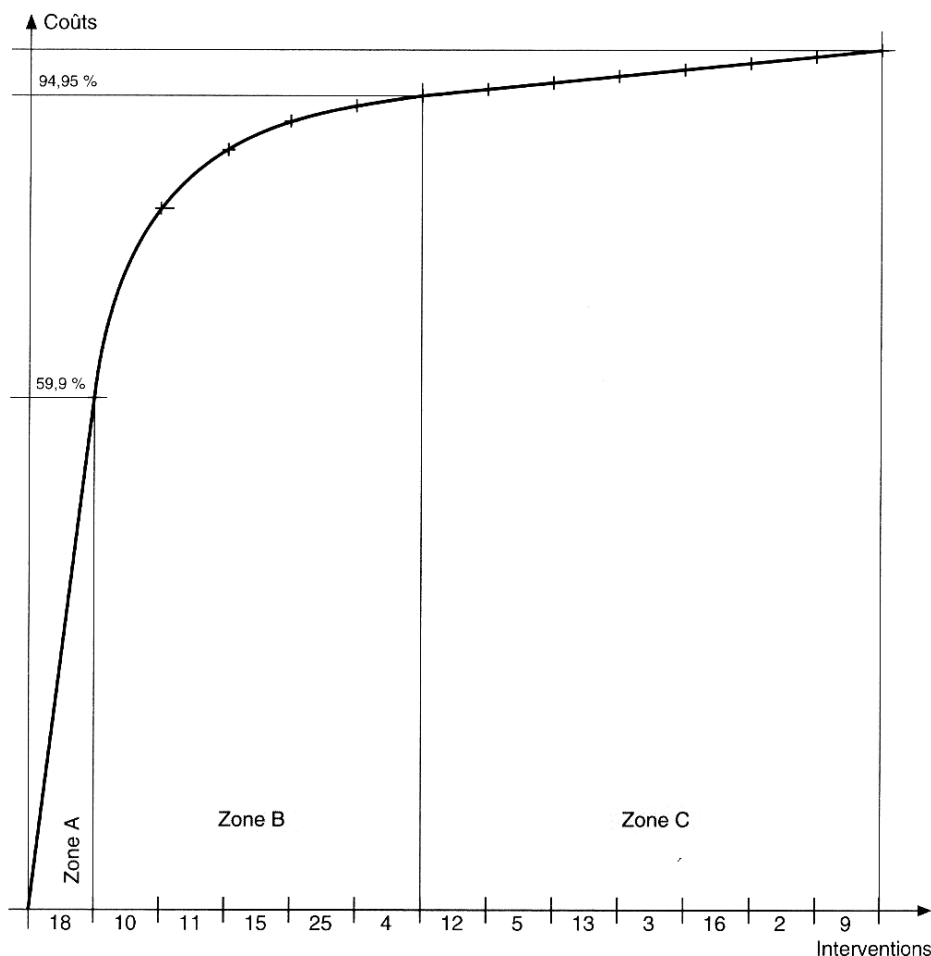
## TAZBLEAU DE CLASSEMENT DES PANNES D'ORIGINE MECANIQUE

Le critère retenue est le coût total en euros de chaque intervention.

Le classement est établi par ordre des valeurs décroissantes des coûts.

| N° d'intervention | Désignation   | Coûts totaux (E) | Coûts cumulés (E) | Pourcentages cumulés |
|-------------------|---|------------------|-------------------|----------------------|
| 18                | Jeu dans la tête de cintrage. Changer les pièces 8.15. et le bras.          | 25 152           | 25 152            | 59,88                |
| 10                | Jeu dans la tête de cintrage. Changer les pièces 8.15. 12.14.16.40.         | 9 545            | 34 697            | 82,60                |
| 11                | Installation d'un graisseur. Changer les pièces 12.14.16 et la crémaillère. | 2 909            | 37 599            | 89,51                |
| 15                | Jeu sur l'arbre de dégagement. Changer les pièces 12.14.16.                 | 1 002            | 38 601            | 91,90                |
| 25                | Rupture de la vis du flasque inférieur.                                     | 797              | 39 398            | 93,80                |
| 4                 | Rupture de la vis des mors de serrage.                                      | 483              | 39 881            | 94,95                |
| 12                | Changer le pignon repère 27.  | 401              | 40 282            | 95,90                |
| 5                 | Changer le pignon de dégagement.  | 361              | 40 643            | 96,76                |
| 13                | Changer le pignon repère 27.  | 353              | 40 996            | 97,60                |
| 3                 | Rupture de la vis de la tête de dégagement.                                 | 322              | 41 318            | 98,37                |
| 16                | Rupture de la vis des mors de serrage.                                      | 322              | 41 640            | 99,13                |
| 2                 | Rupture de la vis des mors de serrage.                                      | 282              | 41 922            | 99,80                |
| 9                 | Changer les circlips d'axe du mors de serrage.                              | 80               | 42 002            | 100                  |

## TRACE DE LA COURBE



## ANALYSE DE LA COURBE

**1. Zone A :** intervention n° 18.

Dans cette zone, une seule intervention, soit 7,7% des actions de maintenance, représente 59,9% des coûts. C'est dans cette zone qu'il faut agir en priorité. Il est nécessaire de l'associer avec les premiers éléments de la zone B pour élargir l'étude et mettre en place une stratégie.

**2. Zone B :** intervention n°s 10, 11, 15, 25 et 4.

Dans cette zone, cinq interventions, soit 38,5% des actions de maintenance, représentent 35% des coûts. En analysant le fichier historique on remarque que les interventions 18, 10, 11, et 15 concernent le même sous-ensemble : la tête de cintrage. Il semble que la cause de ces pannes soit liée à une erreur de conception. Une étude de la tête de cintrage peut être envisagée afin d'éviter le remplacement aussi fréquent des pièces 8 et 15 (arbres), 12, 14 et 16 (bagues) et d'éviter l'apparition prématurée du jeu.

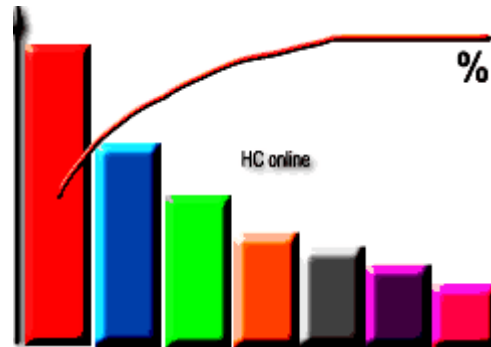
**3. Zone C :** interventions n°s 12, 5, 13, 3, 16, 2 et 9

Dans cette zone, sept interventions, soit 54% des actions de maintenance, représentent 5% des coûts. L'investissement financier nécessaire pour apporter une amélioration dans cette zone, ne serait sans doute pas rentable. Une maintenance corrective, dans cette zone, semble être mieux adaptée.

### Conclusion sur diagramme de Pareto

Le diagramme de Pareto est un moyen simple pour classer les phénomènes par ordre d'importance.

Le diagramme de Pareto est un histogramme dont les plus grandes colonnes sont conventionnellement à gauche et vont décroissant vers la droite. Une ligne de cumul indique l'importance relative des colonnes.



La popularité des diagrammes de Pareto provient d'une part parce que de nombreux phénomènes observés obéissent à la loi des 20/80, et que d'autre part si 20% des causes produisent 80% des effets, il suffit de travailler sur ces 20% là pour influencer fortement le phénomène. En ce sens, le diagramme de Pareto est un outil efficace de prise de décision.

- Dans un environnement industriel, les points d'amélioration potentiels sont quasi innombrables.
- On pourrait même améliorer indéfiniment, tout et n'importe quoi. Il ne faut cependant pas perdre de vue que l'amélioration coûte et par conséquent il faut en contrepartie une création de valeur ajoutée, ou une suppression de gaspillage.

### Construction d'un diagramme de Pareto

A partir de données recueillies, on définit les catégories, puis :

1. Répartir les données dans les catégories,
2. Les catégories sont classées dans l'ordre décroissant,
3. Faire le total des données,
4. Calculer les pourcentages pour chaque catégorie : fréquence / total
5. Calculer le pourcentage cumulé
6. Déterminer une échelle adaptée pour tracer le graphique,
7. Placer les colonnes (les barres) sur le graphique, en commençant par la plus grande à gauche
8. Lorsque les barres y sont toutes, tracer la courbe des pourcentages cumulés

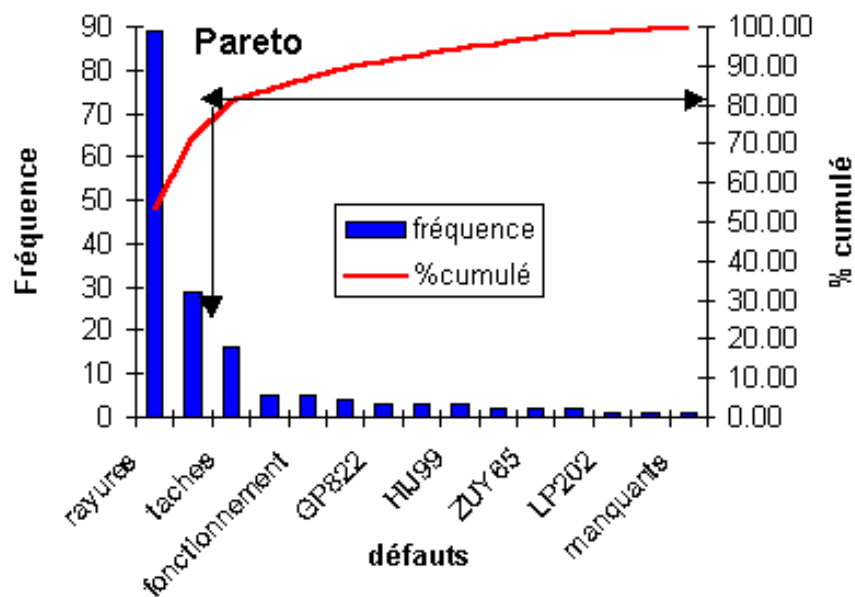
### Exemple :

Dans un processus d'assemblage d'appareils, les retouches et réparations sont coûteuses en temps et argent. Une étude est menée pour déterminer les causes des défauts et tenter de les prévenir. Les investigations montrent que les défauts d'aspect sont les causes les plus nombreuses d'intervention et elles nécessitent un démontage partiel de l'engin.

L'intérêt du diagramme de Pareto est de montrer que dans un premier temps il est plus "payant" d'attaquer les trois premières causes de défauts, plutôt que de chercher à élucider les causes qui n'apparaissent que très rarement.

| Défauts         | fréquence  | %     | %cumulé |
|-----------------|------------|-------|---------|
| rayures         | 89         | 53.61 | 53.61   |
| poussières      | 29         | 17.47 | 71.08   |
| taches          | 16         | 9.64  | 80.72   |
| hors tolérance  | 5          | 3.01  | 83.73   |
| fonctionnement  | 5          | 3.01  | 86.75   |
| erreur jugement | 4          | 2.41  | 89.16   |
| GP822           | 3          | 1.81  | 90.96   |
| inversions      | 3          | 1.81  | 92.77   |
| HI199           | 3          | 1.81  | 94.58   |
| KZ458           | 2          | 1.20  | 95.78   |
| ZUY65           | 2          | 1.20  | 96.99   |
| TT222           | 2          | 1.20  | 98.19   |
| LP202           | 1          | 0.60  | 98.80   |
| MM321           | 1          | 0.60  | 99.40   |
| manquants       | 1          | 0.60  | 100.00  |
| <b>Total</b>    | <b>166</b> |       |         |

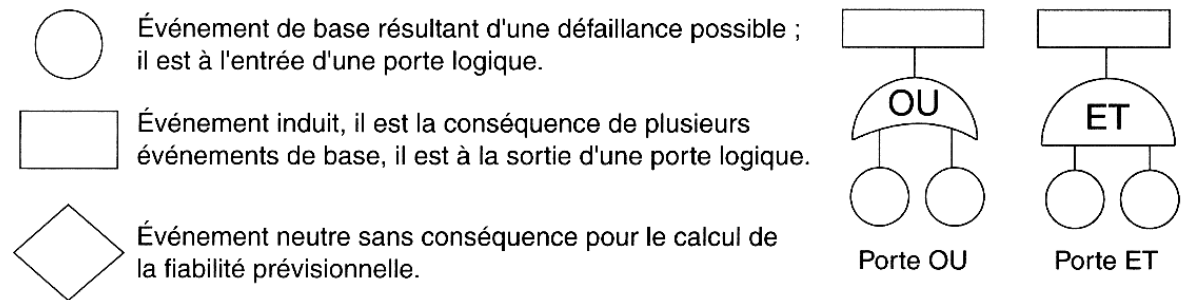
Avec un diagramme de Pareto, on discrimine aisément les quelques **points essentiels** parmi les nombreux **divers**.



## IV. Arbre de défaillance

Souvent mis en relation avec l'A.M.D.E.C. (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité), il peut être utilisé pour déterminer la branche fragile d'une installation (dans ce cas, on quantifie chaque composant par son taux de défaillance estimé) ou comme document d'aide au diagnostic (dans ce cas il permet de visualiser les différentes possibilités pour que le système soit défaillant).

### Symboles utilisés



### Construction d'un arbre de défaillance

La construction de l'arbre de défaillance repose sur l'étude des événements entraînant un événement redouté. Les deux étapes suivantes sont réalisées successivement en partant de l'ER et en allant vers les événements élémentaires.

1. => dans un premier temps définir l'événement redouté (l'événement intermédiaire, ou l'événement élémentaire) analysé en spécifiant précisément ce qu'ils représentent et dans quel contexte il peut apparaître.
2. => puis dans un deuxième temps représenter graphiquement les relations de cause à effet par des portes logiques (ET, OU) qui permettent de spécifier le type de combinaison entre les événements intermédiaires qui conduisent à l'événement analysé.

Pour pouvoir appliquer cette méthode il est nécessaire de :

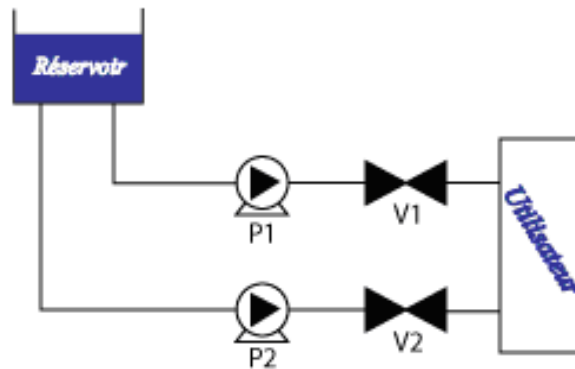
- Vérifier que le système a un fonctionnement cohérent.
- Connaître la décomposition fonctionnelle du système.
- Définir les limites du système (le degré de finesse de notre étude dépend des objectifs).
- Connaître la mission du système et son environnement pour déterminer le ou les événements redoutés qui est nécessaire d'étudier.
- Connaître les modes de défaillance des composants c'est par exemple en s'appuyant sur une analyse de type AMDEC que les branches de l'arbre pourront être construites.

### Règles de construction

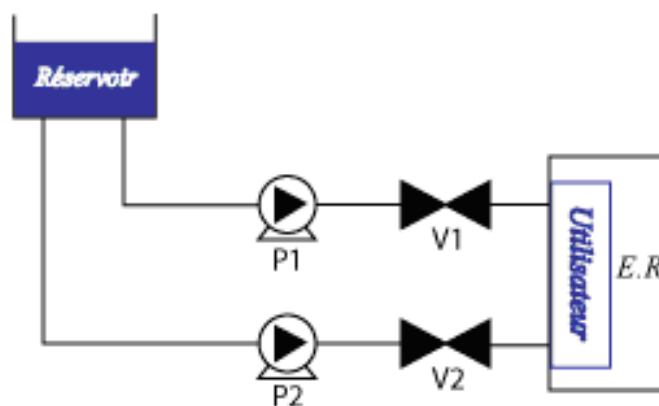
- expliciter les faits et noter comment et quand ils se produisent
  - pour l'événement redouté
  - pour les événements intermédiaires
- effectuer un classement des événements :
  - événement élémentaire représentant la défaillance d'un composant

- défaillance première
- défaillance de commande
- événements intermédiaires **provenant** d'une défaillance de composant. C'est par exemple un mode de défaillance !
- événements intermédiaires provenant du système indépendamment du composant. C'est par exemple une configuration particulière.
- rechercher les " causes immédiates " de l'apparition de chaque
  - événement intermédiaire afin d'éviter l'oubli d'une branche
- éviter les connexions directes entre portes
  - elles sont en générale dues à une mauvaise compréhension du système ou une analyse trop superficielle.
- supprimer les incohérences
  - comme par exemple : un événement qui est à la fois cause et conséquence d'un autre événement.

Exemple de construction d'un arbre de défaillance :



1. L'événement redouté :

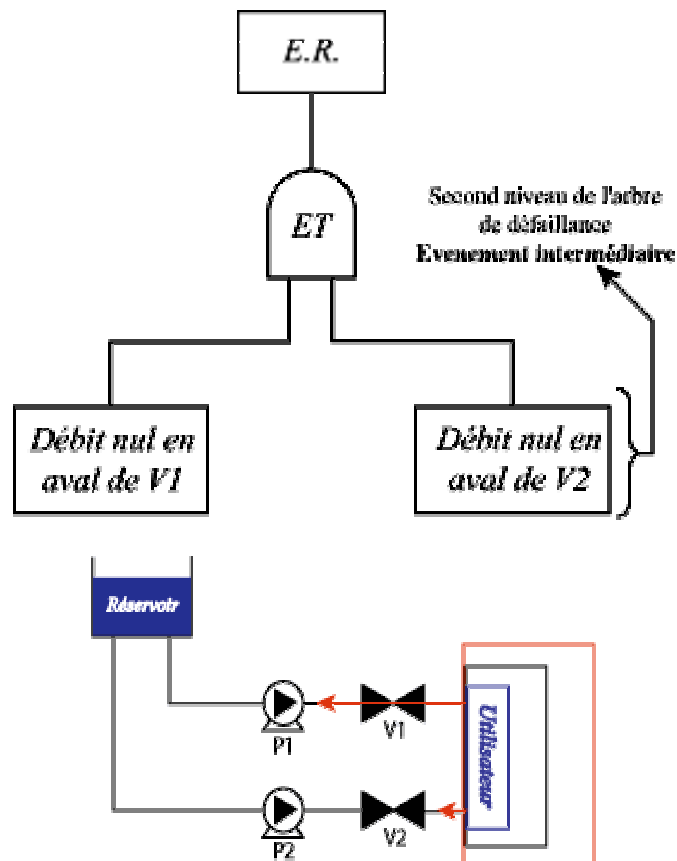


"Le système utilisateur est non alimenté" que l'on nommera ER

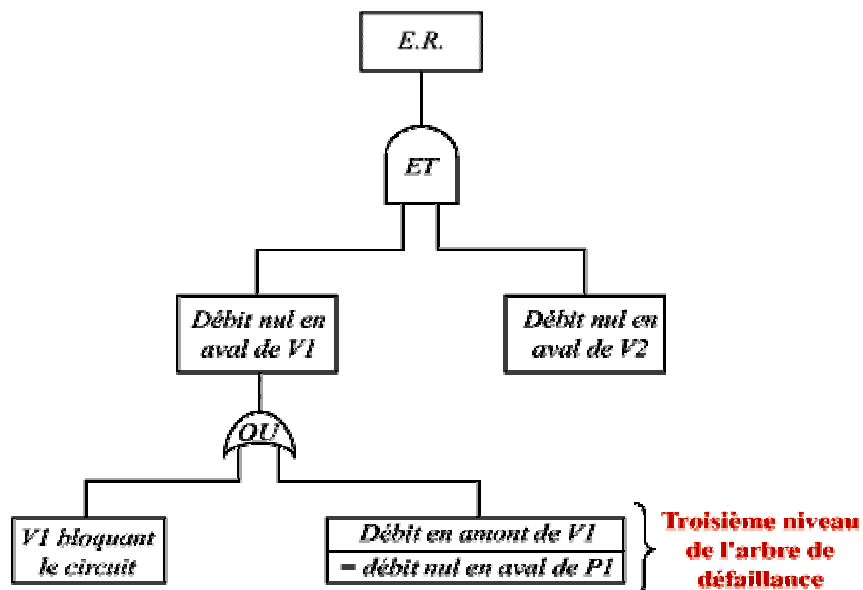


- cela se produit si : « Débit nul en aval de V1" ET "Débit nul en aval de V2 »





- L'arbre associé est :



- L'arbre de défaillance complet

### 1. Défaillance première :

Blocage de la vanne en position fermée (un vieillissement).

- événement élémentaire "V1 bloquée fermée"