

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

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^{ème} 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.

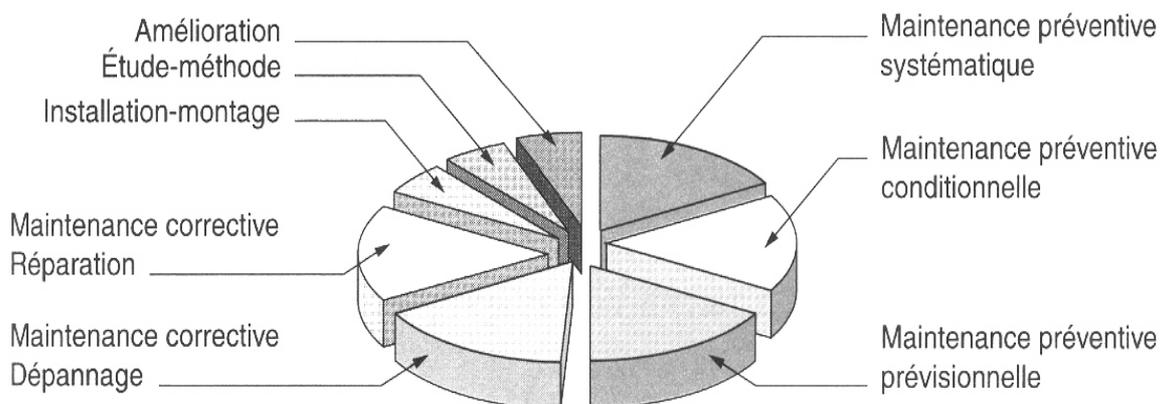
Compétences du technicien de maintenance

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 diagnostique 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

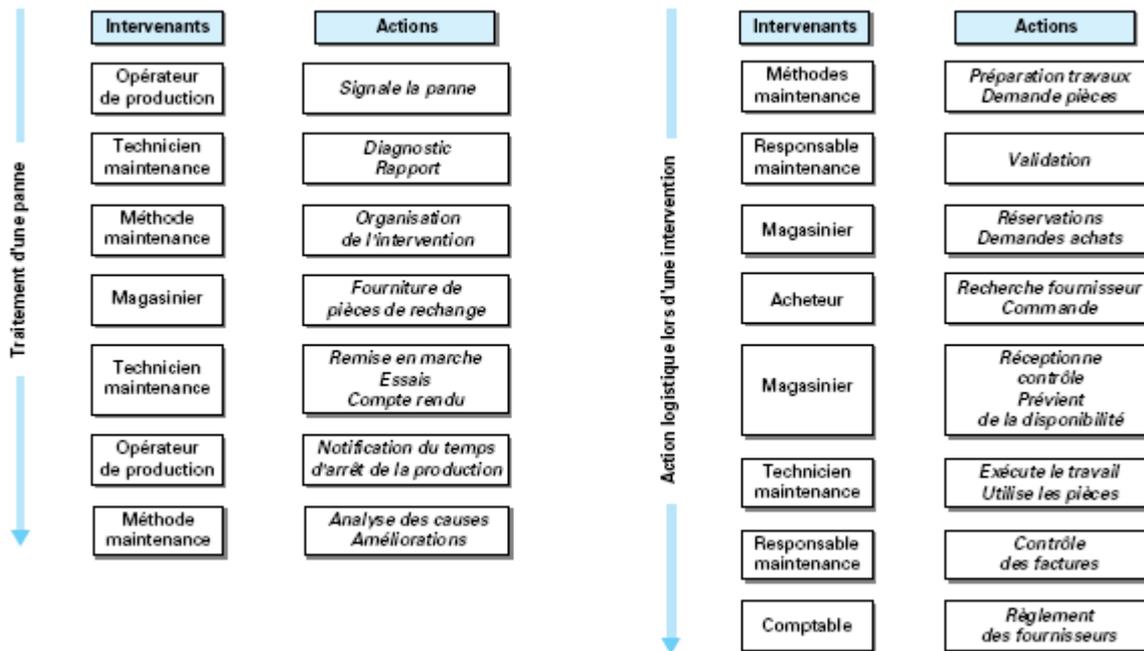
L'approche systémique considère le fonctionnement de l'entreprise à travers les flux d'information, de matières ou de volumes financiers qui la font fonctionner, au lieu de considérer les différents services.

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

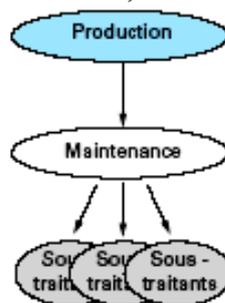
4.2. Organisation des travaux

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...



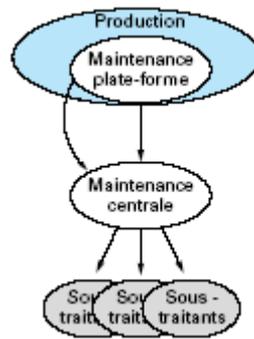
Organisation centralisée

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

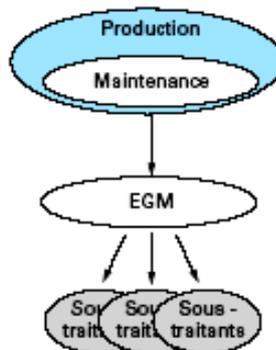
Avantages : meilleure prévention et bonne maîtrise du processus de dégradation, possibilités renforcées d'actions sur les procédés d'exploitation, diminution des cloisonnements et forte collaboration, diminution des microdéfaillances, facilité des actions qualité à la source des dysfonctionnements, meilleure 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

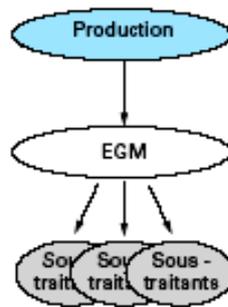
Avantages : bonne répartition des compétences, maîtrise des processus de vieillissement, préservation du savoir et maîtrise technique.

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.

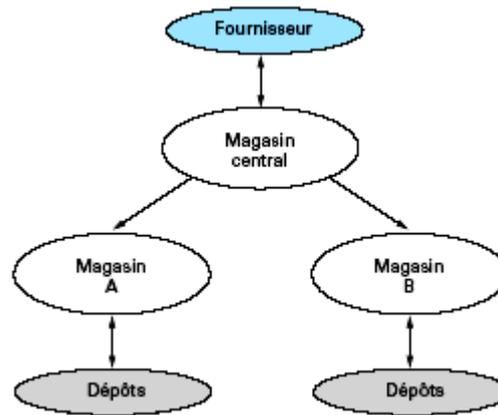
Si la réponse est de stocker, il faut s'interroger sur le meilleur emplacement :

- 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

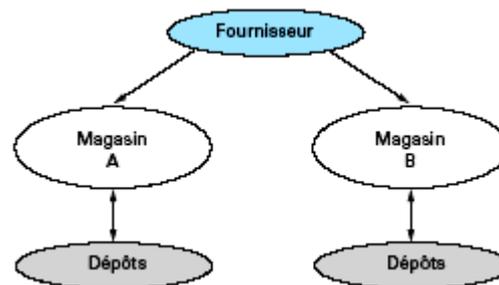
Exemple : pièces de rechange entreposées dans les salles blanches pour réduire les délais de passage dans les sas avec changement de vêtements.

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

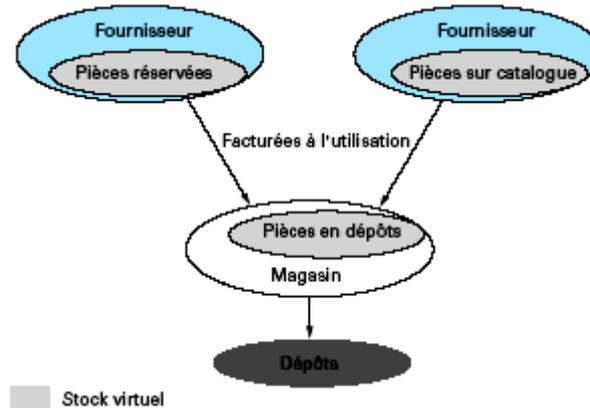
Avantages : plus grande flexibilité des réapprovisionnements et réduction des délais par rapport à l'organisation précédente. Les procédures sont également plus légères.

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

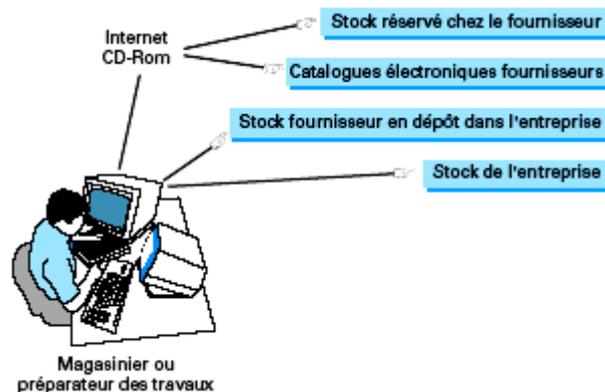
Le développement des messageries rapides et de la qualité des services des fournisseurs permet de disposer de catalogues de dizaines de milliers de pièces disponibles dès le lendemain.

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.

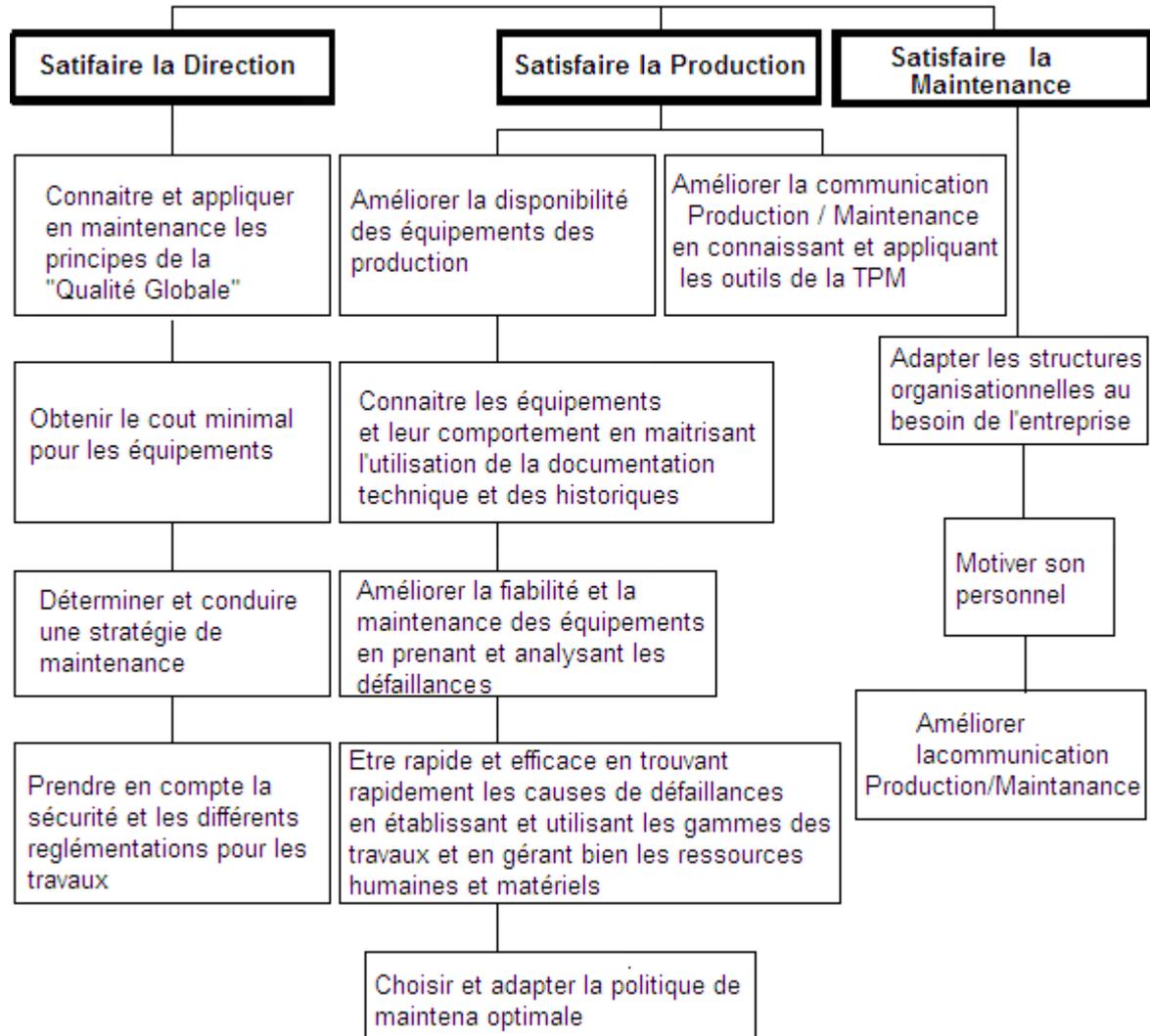
Les achats en flux tendu nécessitent une stratégie d'achat bien établie.

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.

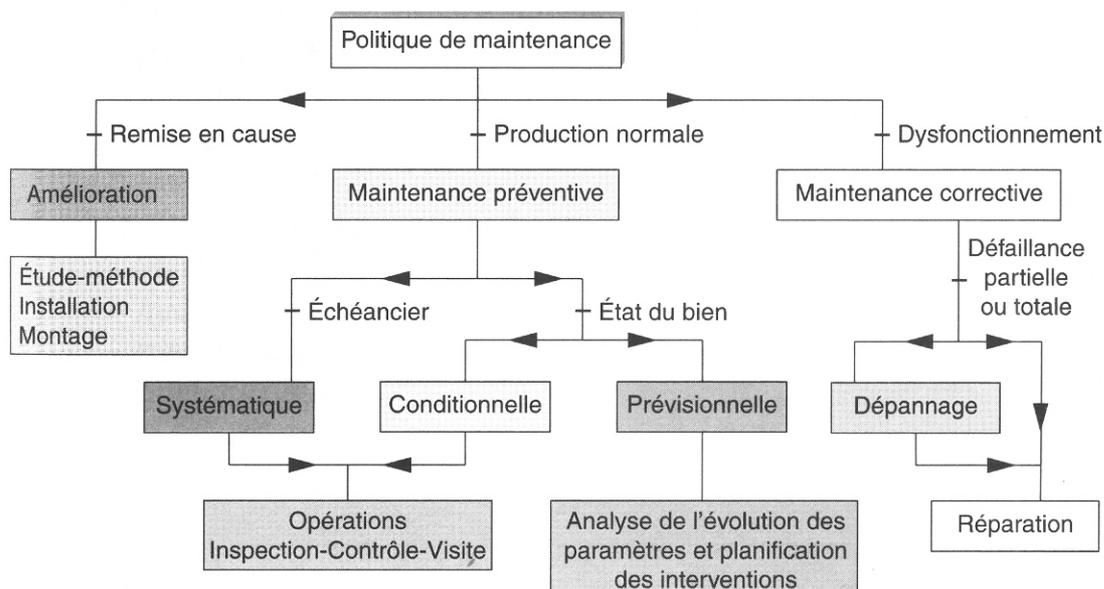
Aussi, le service de l'entretien doit parfois donner certains travaux d'entretien en sous-traitance lorsque la charge de travail ou l'expertise ne permettent plus d'offrir un bon rendement.

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 mises 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 mises 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 optime 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%).

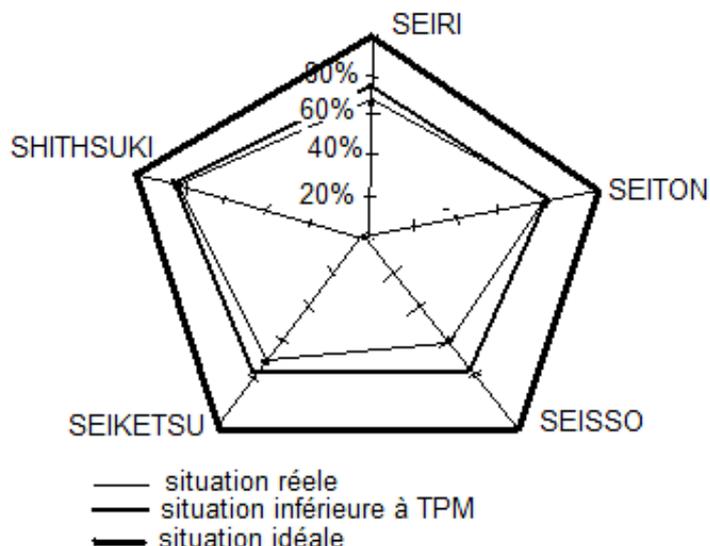
SEITON – 76,49% (le niveau des procès technologique de la maintenance :66%, l'emplacement des outils et des instrumentations d'intervention : 69%, le aspect du processus de production : 91,8%, le bon emplacement du moyenne du protection et PSI :86%, l'emplacement optimale des outillages : 80,6%).

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

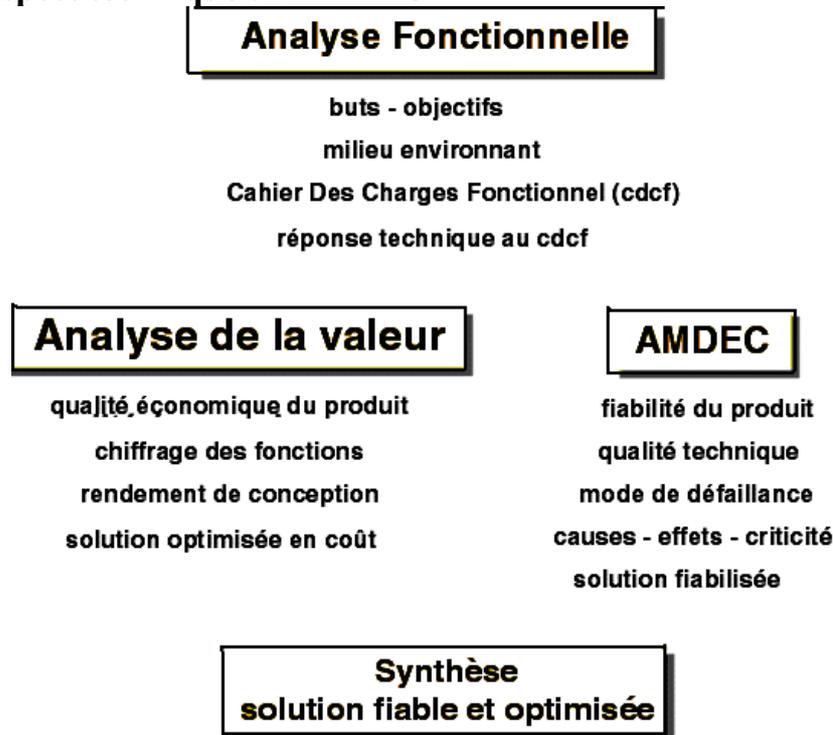
Exemple de fiche de synthèse de l'étude AMDEC

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 I L A 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.**

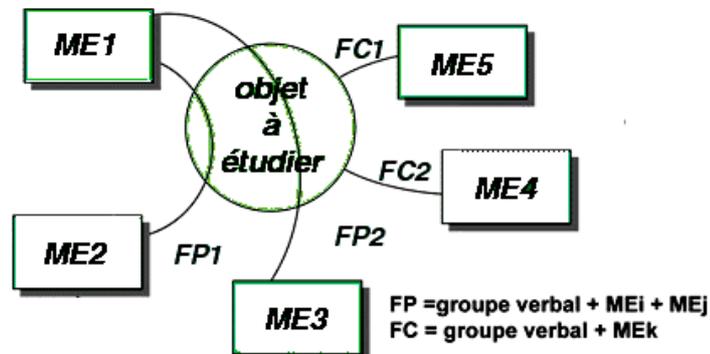
Analyse fonctionnelle externe

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

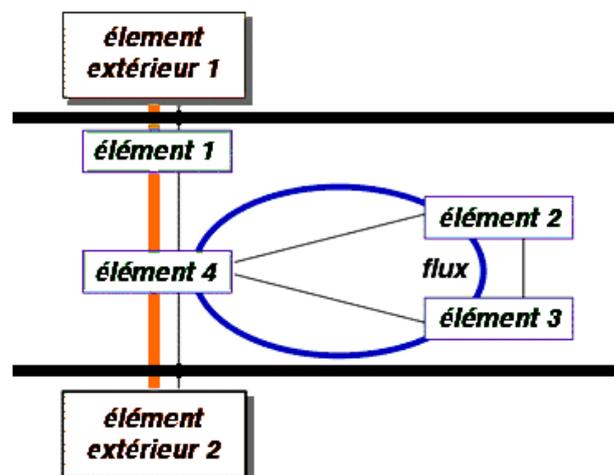
Principe de construction :

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



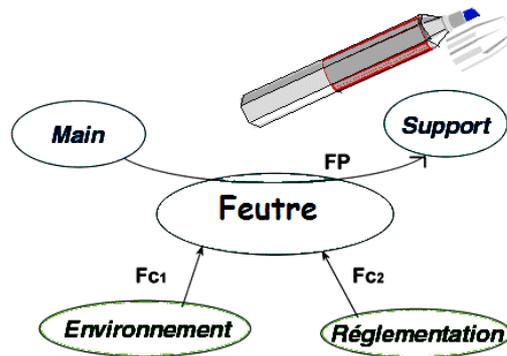
Analyse fonctionnelle interne



- 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

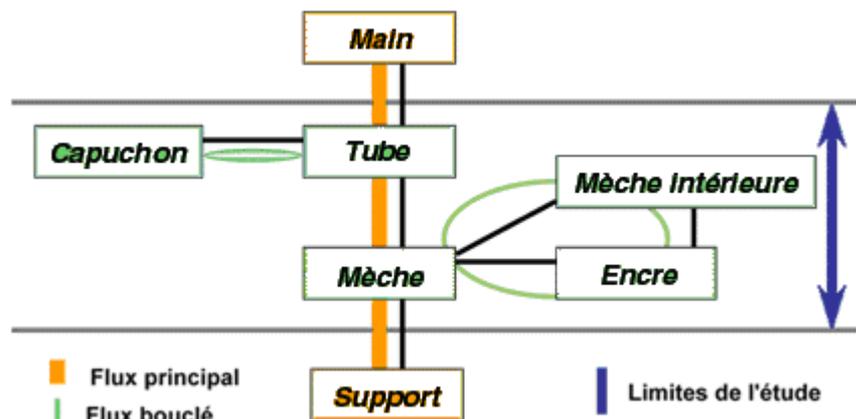
groupe verbal ME1 ME2

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



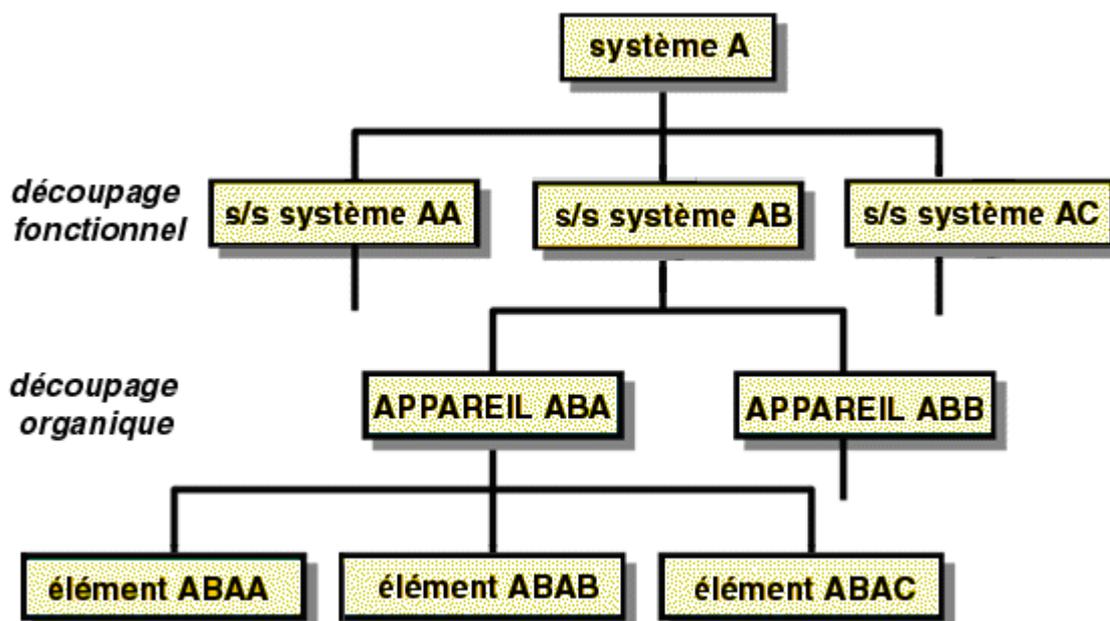
- Chaque élément représente un élément du feutre.

- 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).

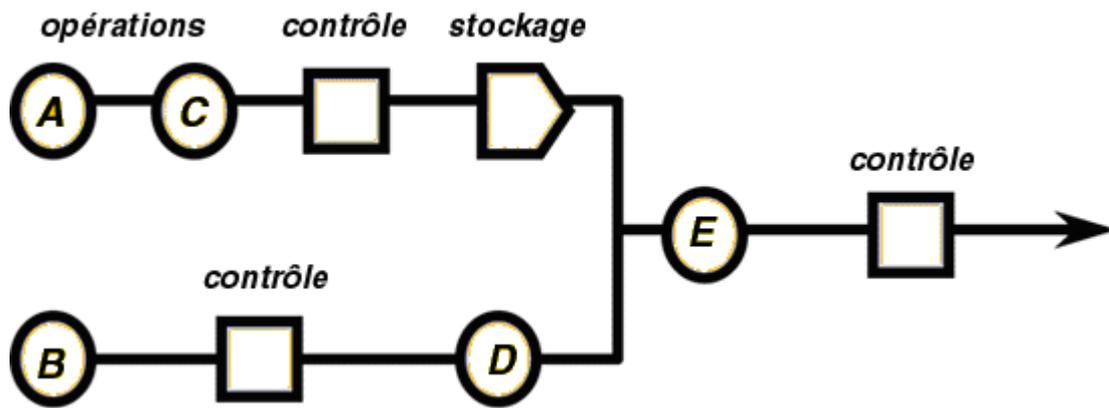


- Pour faire cette décomposition, une analyse fonctionnelle de type APTE préalable est nécessaire.

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

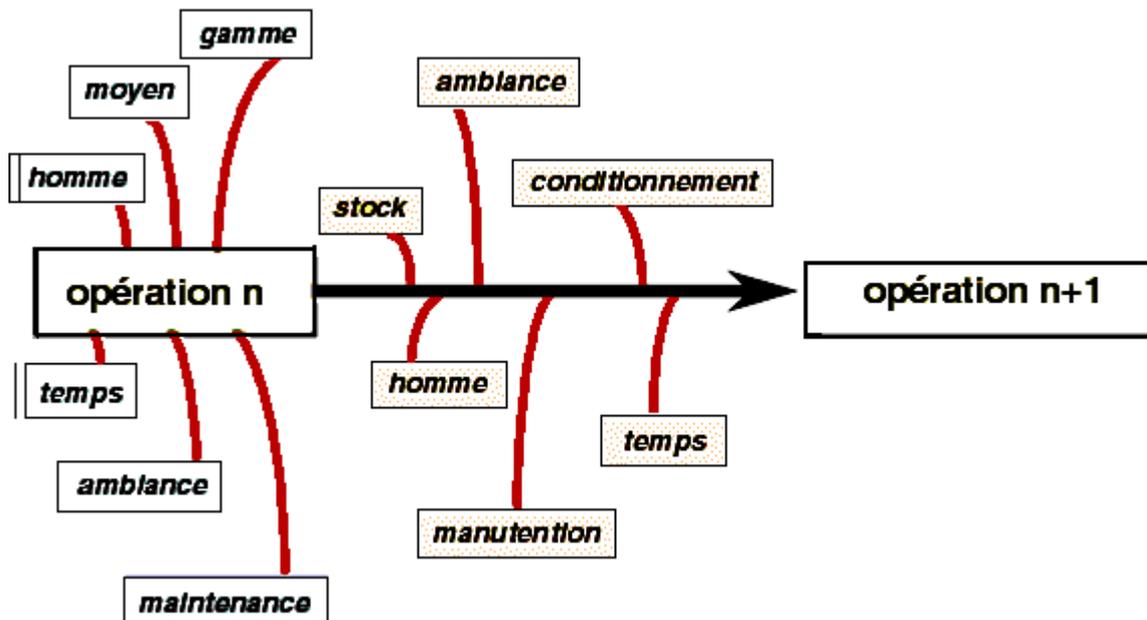


- Le découpage doit rester visible en permanence par tous les membres du groupe.

Environnement d'une AMDEC processus

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

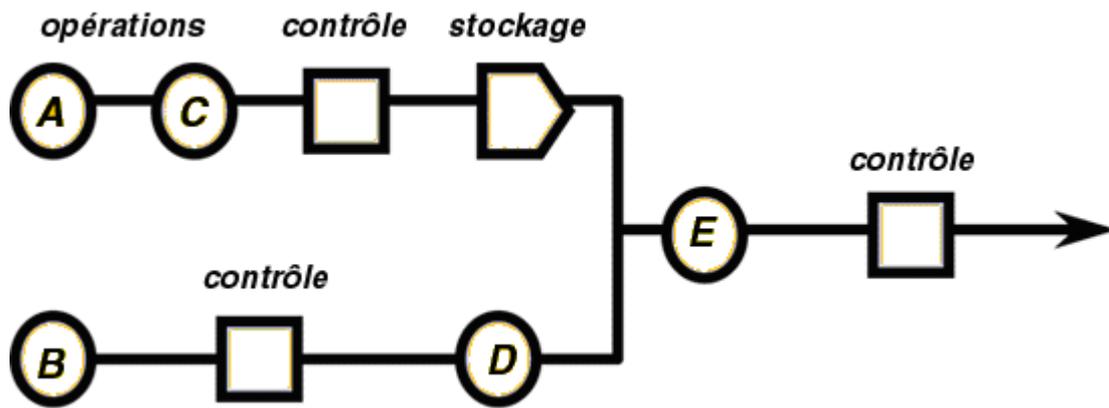
- lors de l'opération
 - moyen (de production pour réaliser l'opération)
 - homme
 - gamme
 - temps (de réalisation)
 - ambiance (humide)
 - maintenance
- entre 2 opérations
 - stock (gestion)
 - moyen de manutention
 - homme
 - temps (entre 2 opérations)
 - ambiance (intérieur chauffé, à l'extérieur)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

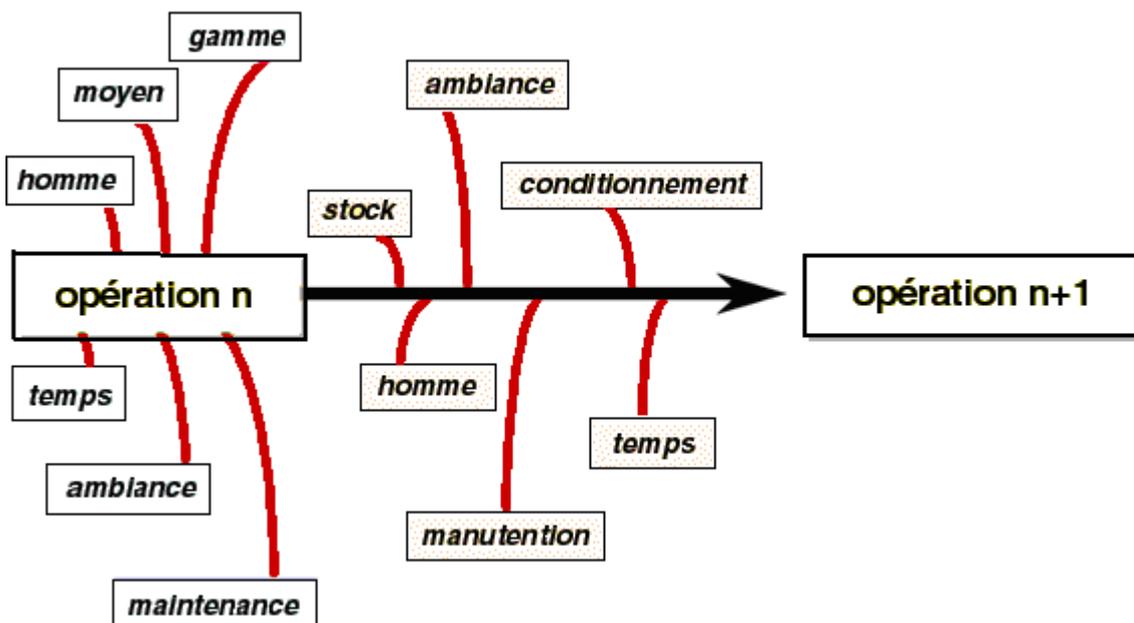
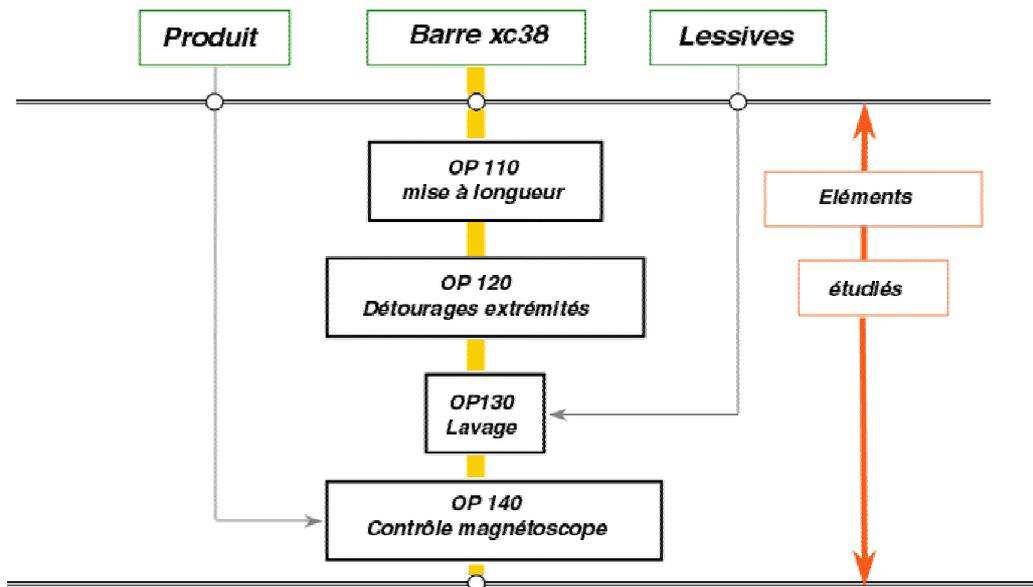


Diagramme de processus : Exemple de découpage de barres métalliques

- 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).



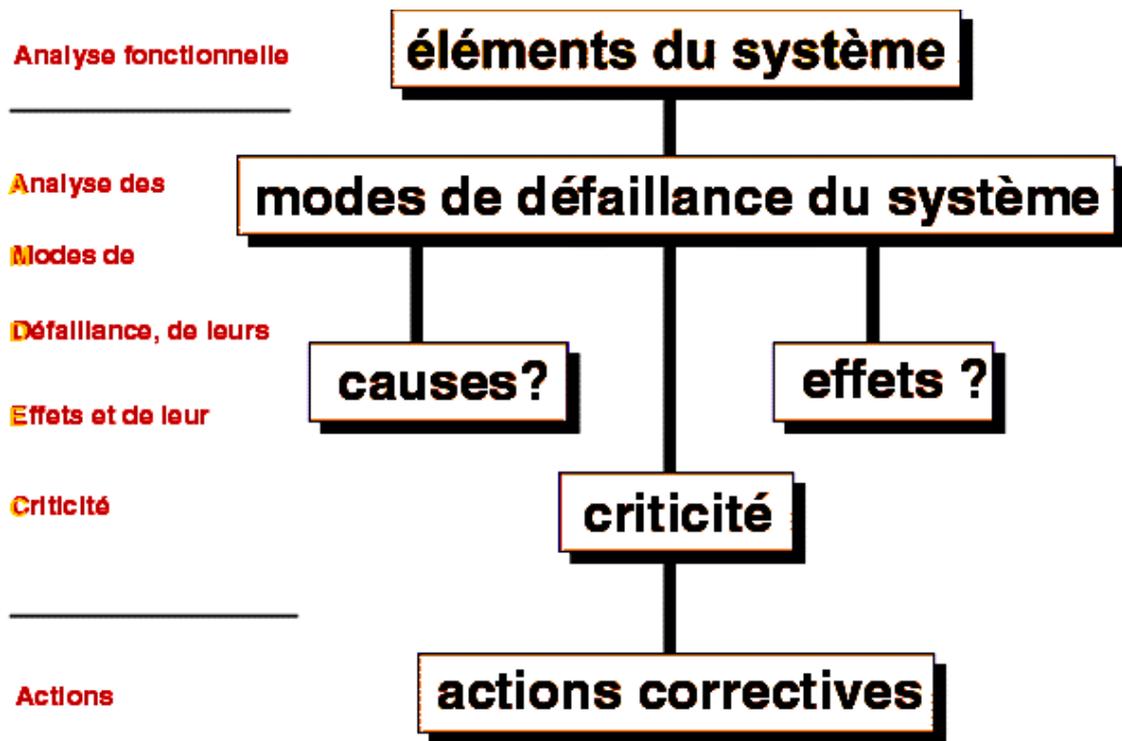
Fin Etape 2 : Le dossier

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



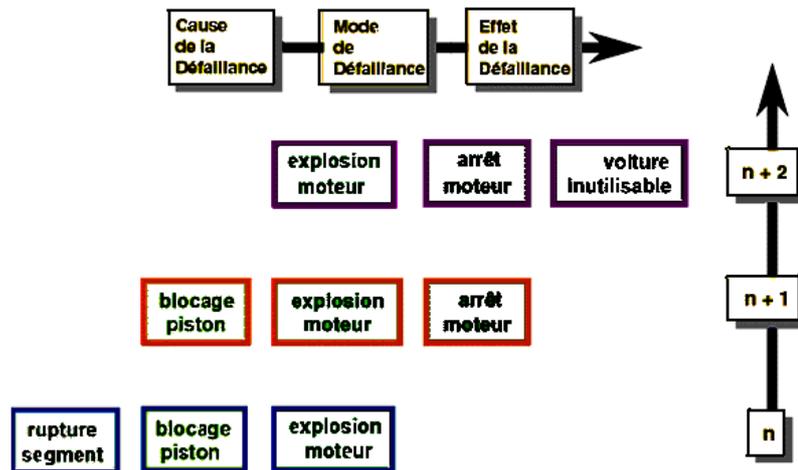
A partir de l'analyse fonctionnelle, la démarche consiste en une recherche : (On considérera seulement les défaillances des éléments, au niveau des feuilles et non des noeuds de l'arborescence)

- 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



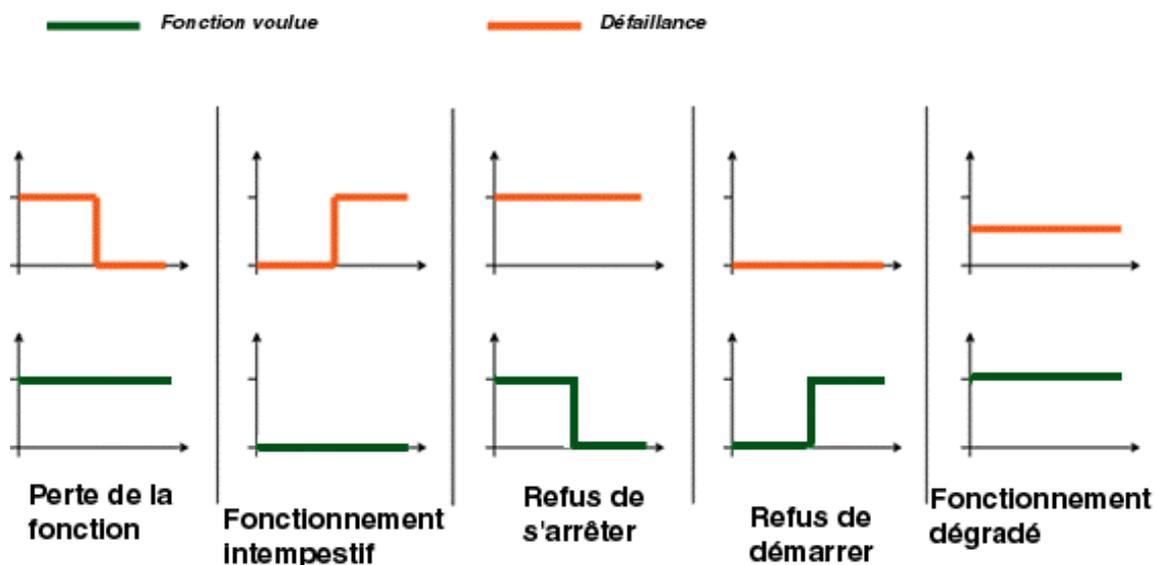
- Il n'existe pas de niveau standard de décomposition du matériel, il est dès lors nécessaire de préciser le niveau de détail auquel on descend dans l'arborescence matérielle pour procéder à l'analyse
- Les notions de cause- mode- effet sont contrastées.
- Elles peuvent facilement être confondues. Pour 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)

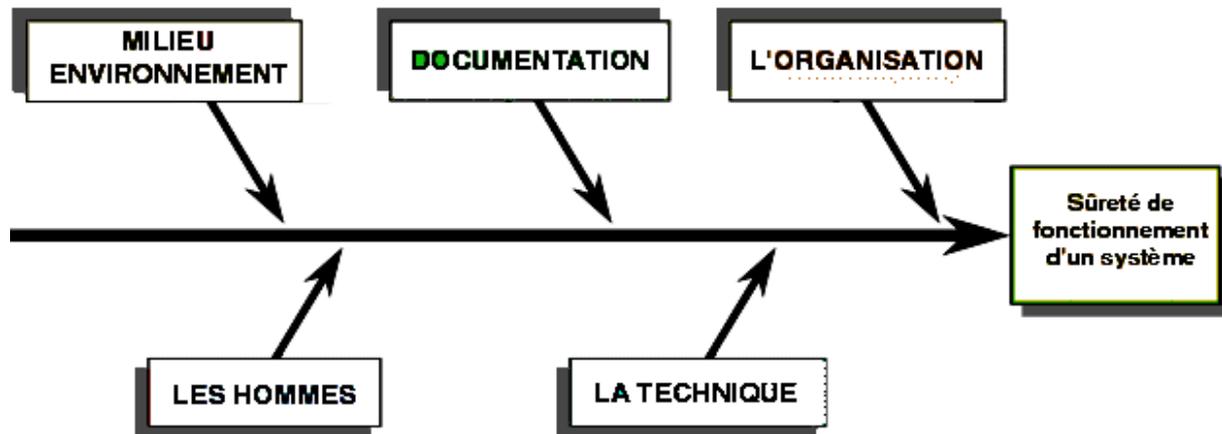
	<i>ELECTRONIQUE ELECTROMECHANIQUE</i>	<i>HYDRAULIQUE</i>	<i>MECANIQUE</i>
<i>PAS DE FONCTION</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>circuit ouvert</i> ▪ <i>court circuit</i> ▪ <i>pas de réponse à la sollicitation</i> ▪ <i>connexion/fil desserrés</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>fuite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

Cause de la défaillance

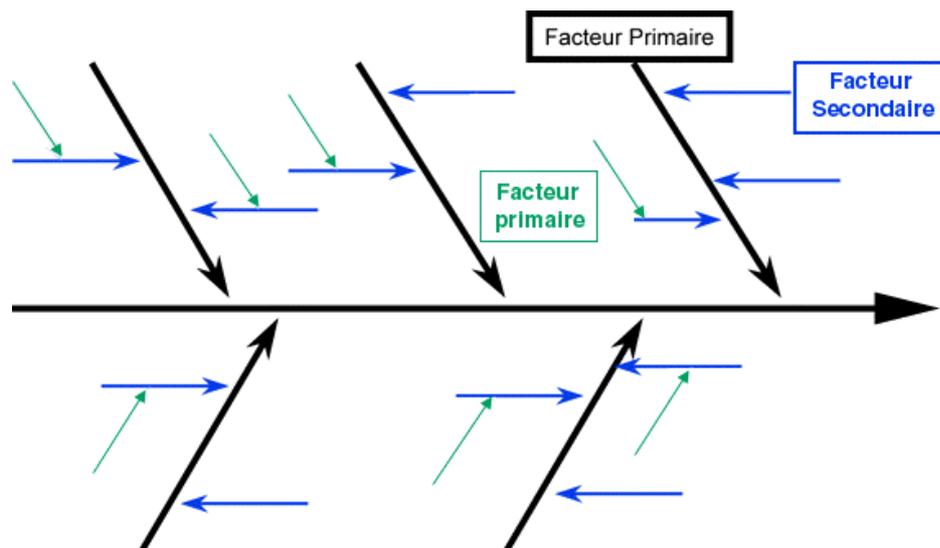
La cause de la défaillance :

- 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 ELECTROMECHANIQUE</i>	<i>HYDRAULIQUE</i>	<i>MECANIQUE</i>
<i>CAUSES INTERNES MATERIEL</i>	<i>vieillessement composant MS (mort subite)</i>	<i>vieillessement composant MS (mort subite) colmatage fuite</i>	<i>contraintes mécaniques fatigue états de surface</i>
<i>CAUSES LIEES AU MILIEU A L'EXPLOITATION A L'ENVIRONNEMENT</i>	<i>poussières, huile, eau chocs, vibrations échauffement local parasites</i>	<i>température eau, huile, poussières, copeaux échauffement local chocs, vibrations</i>	<i>température eau, huile, poussières, copeaux échauffement local chocs, vibrations</i>
<i>CAUSES LIEES A LA MAIN D'OEUVRE AUX OUTILS</i>	<i>Fabrication ,montage, réglage contrôle manque énergie utilisation, outils</i>	<i>fabrication, montage, réglage contrôle manque énergie utilisation, outils</i>	<i>conception (géométrie) fabrication, montage, réglage 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) 2 - Influence mineure sans blessure 3 - Influence moyenne avec blessure 4 - Influence important risque de mort	1 - Mineures 2 - Significatives 3 - Critiques 4 - Catastrophiques	1 - Arrêt de fonctionnement <T1 2 - Arrêt de fonctionnement >T1 et <T2 3 - Arrêt de fonctionnement >T2 et <T3 4 - Arrêt de fonctionnement >T3	1 - MITR <T1 2 - MITR >T1 et <T2 3 - MITR >T2 et <T3 4 - MITR >T3

Fin Etape3 : La grille AMDEC

Un outil

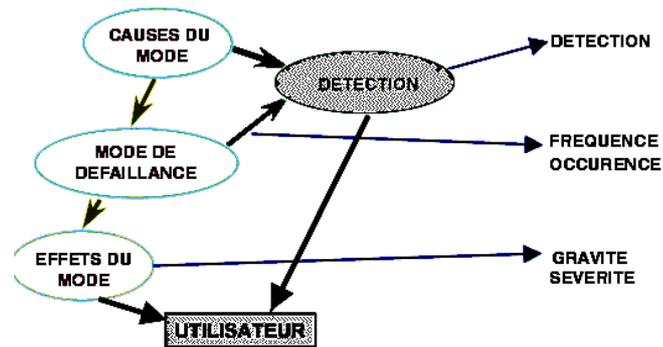
La grille AMDEC : un outil

- 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

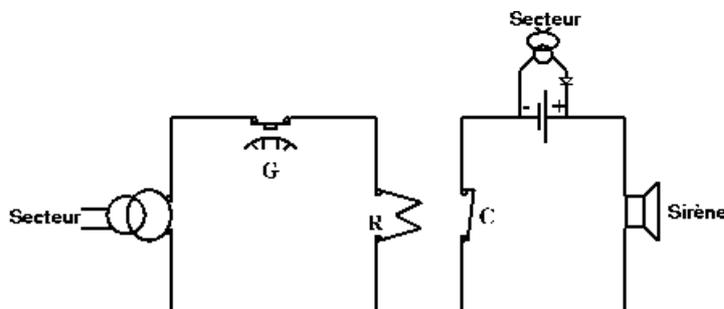
Exemple de 2 grilles AMDEC Moyen de production utilisées dans l'industrie automobile

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 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 Coupure fils	Déclenchement de la sirène	1	1	1	1	Contrôle de la vitre
		Ne s'ouvre pas sur bris de glace	Blocage mécanique 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 Blocage mécanique	Pas de sirène	4	1	4	16	
Transformateur	T2	Pas de tension au secondaire	Pas de tension primaire 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 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 usitée aux USA) :

	G	1	2	3	4	
F		1	2	3	4	
1		1	2	3	4	
2		2	4	6	8	
3		3	6	9	12	
4		4	8	12	16	

 Seuil de criticité

 Criticité < 4

 Criticité > 4

- 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 3	Sans dégradation des performances	Gêne légère
4 5	Avec signe avant-coureur	Indispose ou met mal à l'aise
6 7	Dégradation notable des performances	Mécontentement
8	Avec signe avant-coureur	Grand mécontentement et/ou Frais de réparation
9	Sans signe 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

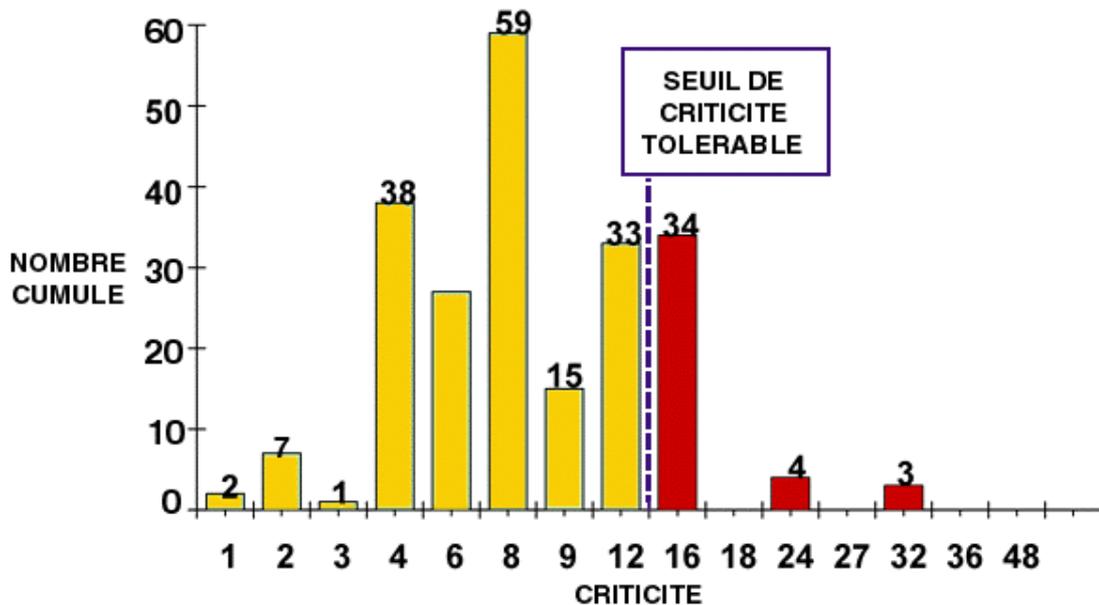
Cotation de la Non-détection Produit

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 P₂ 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

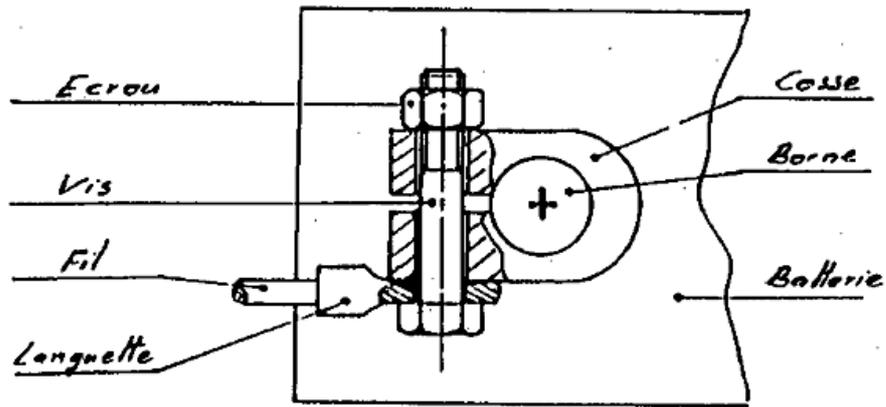
- Tant que l'on se trouve en phase d'étude et de développement, les actions menées sont préventives, pour diminuer les risques inacceptables analysés.
- Maintenance préventive :
 - **Optimisation** des opérations de maintenance préventive.
 - Mise en oeuvre de **nouvelles opérations**.

Maintenance améliorative

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

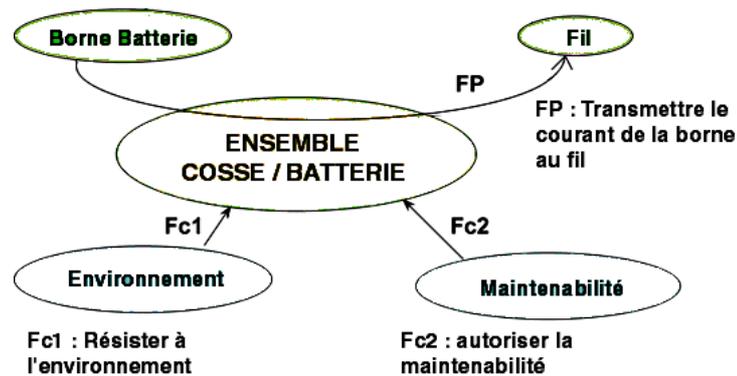
Exemple complet de la batterie

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



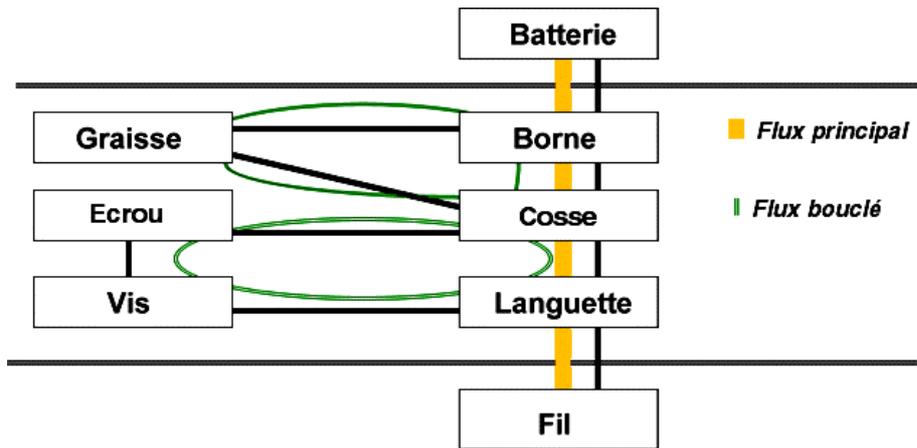
Analyse fonctionnelle externe

- 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 Intensité +/- Tension +/- Durée ...	Fournisseur Diamètre +/- Conicité +/- Matière Intensité +/- Tension +/-	Type Fournisseur Matière Diamètre Résistance +/- ...
Fc1	<i>Résister</i>	<i>Environnement</i>	
	Air sec Air humide Vapeurs hydrocarbures Projection sel Température	Chassis	
Fc2	<i>Autoriser</i>		<i>Maintenabilité</i>
	Nombre Accessibilité		Changement batterie
Fb (méca)	<i>Maintenir</i>	<i>Cosse</i>	<i>Borne</i>
	Tension serrage +/- Positionnement Résistance traction	Géométrie	Géométrie 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 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.

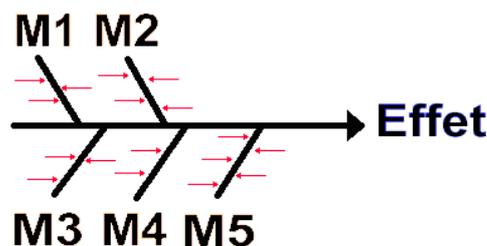
Le diagramme d'Ishikawa est également appelé le diagramme causes-effet, le diagramme en arête de poisson ou la méthode des 5M.

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

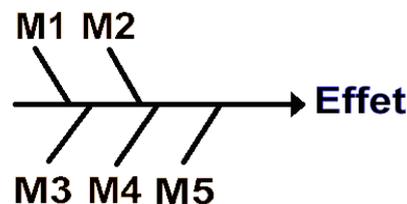
Le diagramme d'Ishakawa se construit en cinq étapes :

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

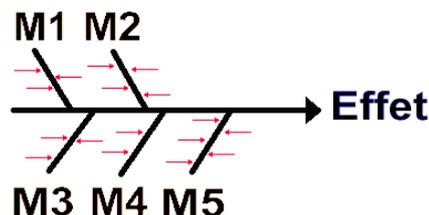
2) Regrouper les causes potentielles en familles, appelées communément les cinq M :

- ▶ 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

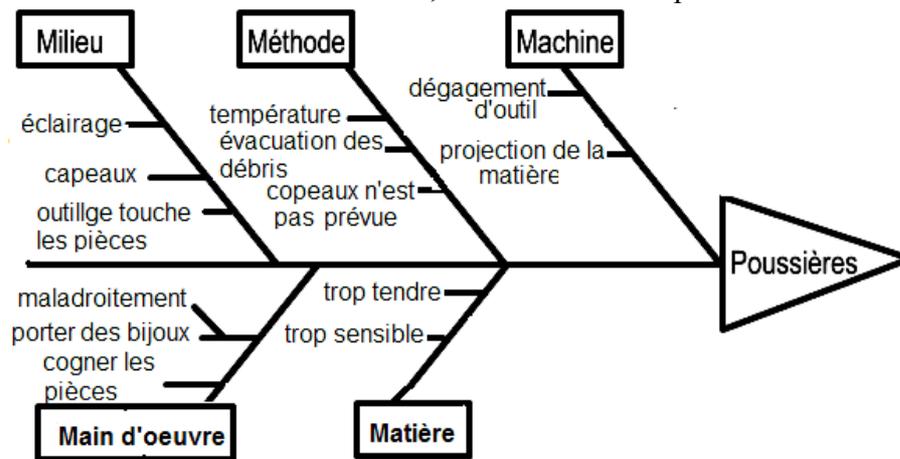
Lorsqu'un diagramme est bien renseigné, il faut aller vérifier sur le site que les causes citées engendrent réellement l'effet.

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)

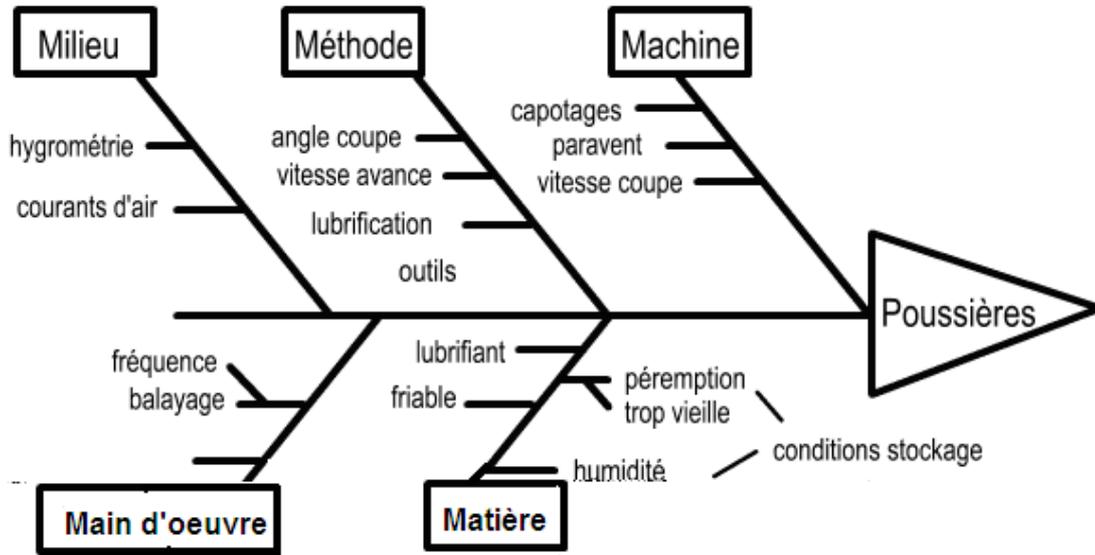
Lorsque les vraies causes sont identifiées, que les influences relatives de chaque cause (poids) sont connues, il faut attaquer par priorité les causes aux influences prépondérantes.

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,...).

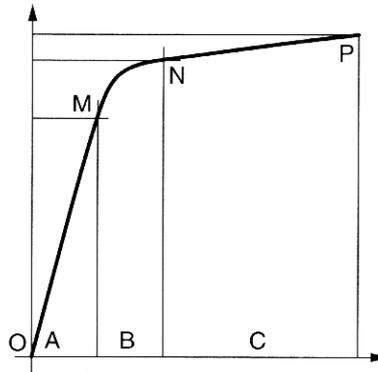
En ordonnée on porte les valeurs cumulées du critère retenu (coûts, heures, pannes,...).

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.

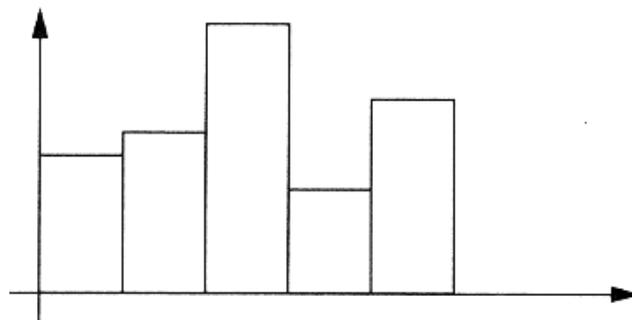
Plus la courbe est écrasée, moins elle est significative ; à la limite, une diagonale signifie que, par rapport au critère choisi, tous les éléments étudiés ont la même importance et qu'il n'y a pas lieu de prendre de mesures particulières.

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 ^e 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 ^e 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.

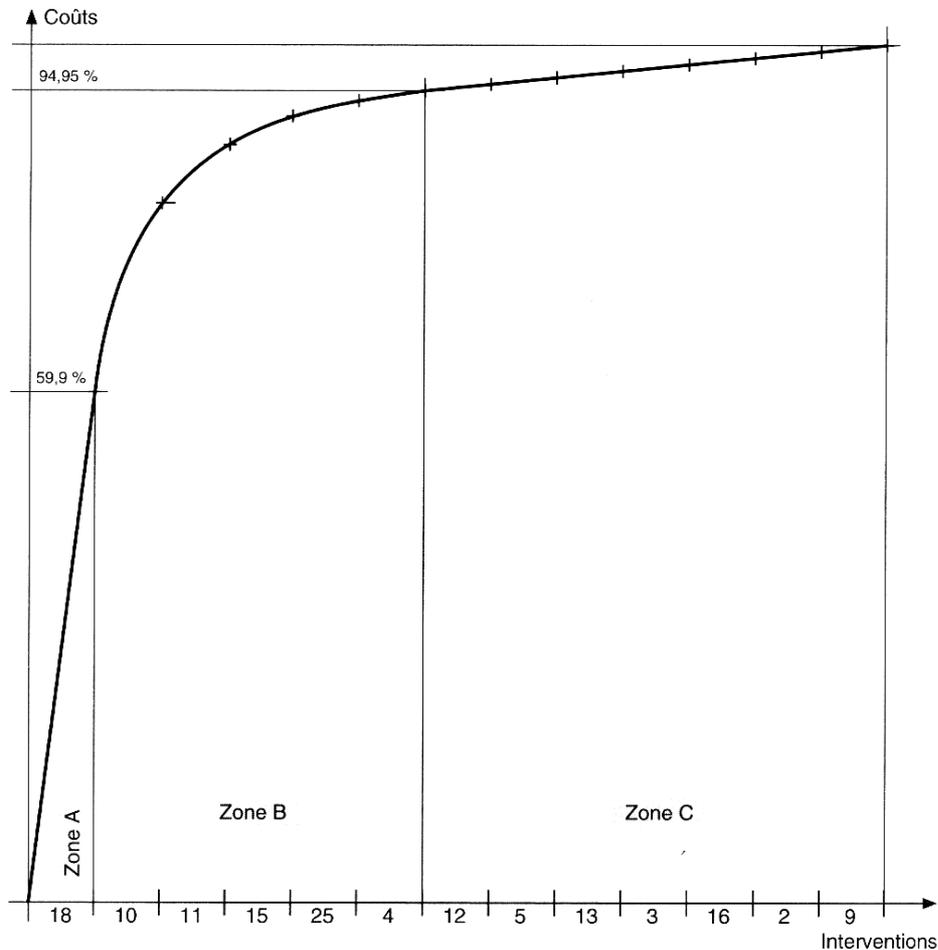
TAZBLEAU DE CLASSEMENT DES PANNES D'ORIGINE MECANIQUE

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.

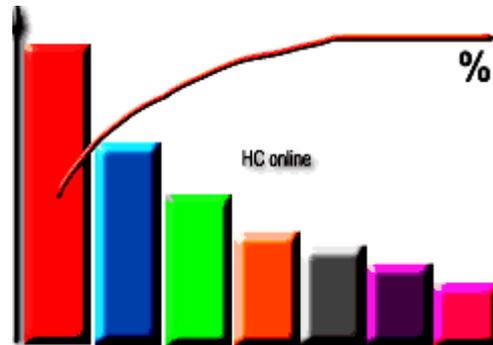
3. Zone C : interventions n°s 12, 5, 13, 3, 16, 2 et 9

Dans cette zone, sept interventions, soit 54% des actions de maintenance, représentent 5% des coûts. L'investissement financière 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

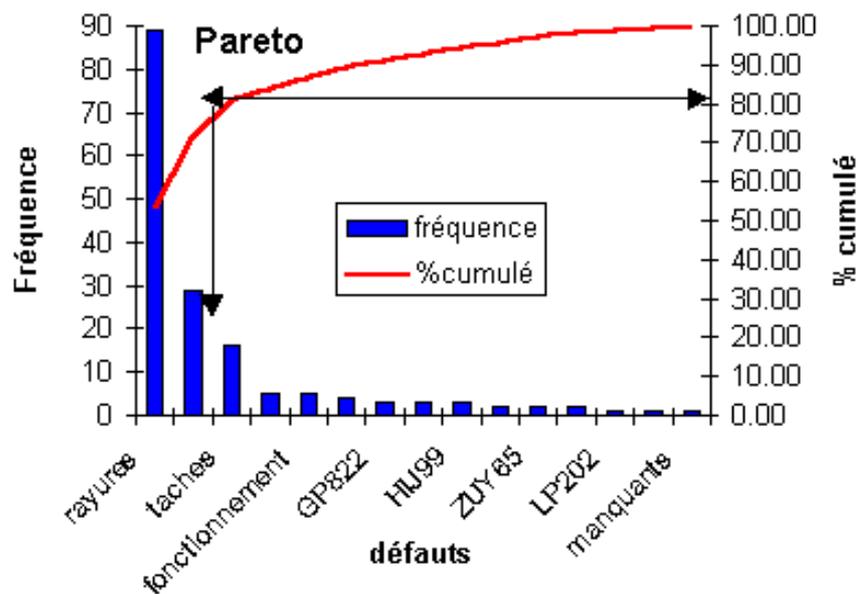
Exemple :

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
Total	166		

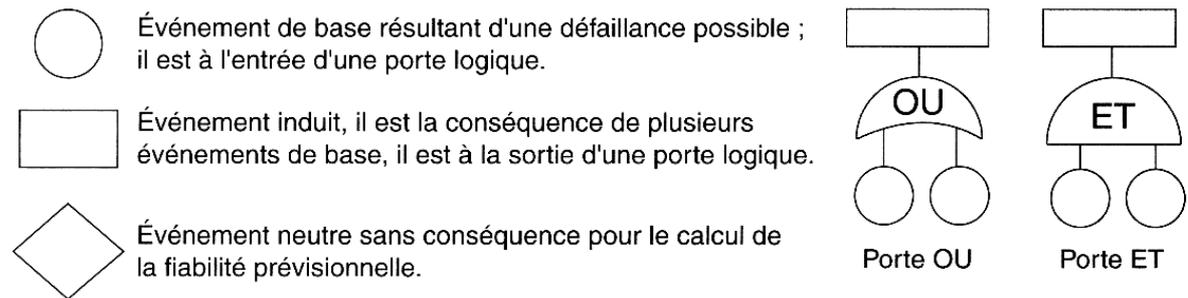
Avec un diagramme de Pareto, on discrimine aisément les quelques **points essentiels** parmi les nombreux **divers**.



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 :

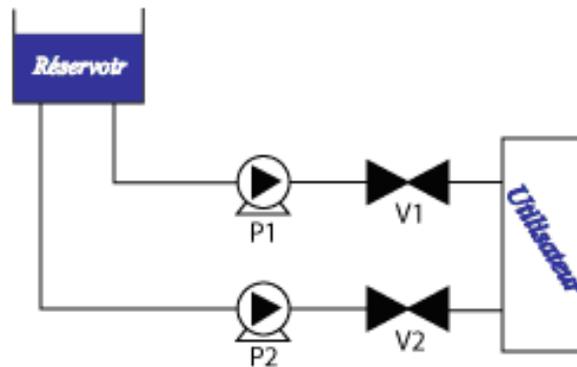
- Vérifier que le système a un fonctionnement cohérent.
- Connaître la décomposition fonctionnelle du système.
- Définir les limites du système (le degré de finesse de notre étude dépend des objectifs).
- Connaître la mission du système et son environnement pour déterminer le ou les événements redoutés 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

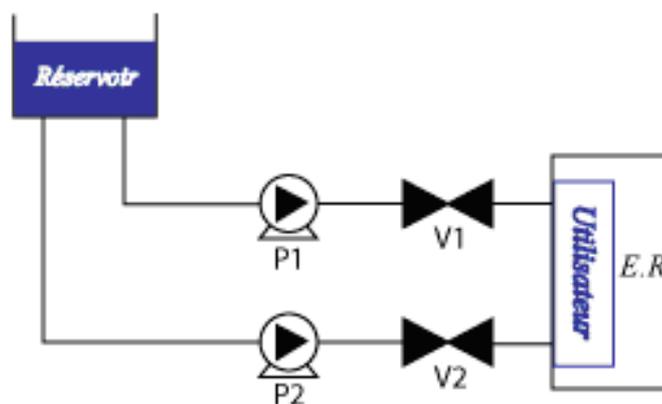
- expliciter les faits et noter comment et quand ils se produisent
 - pour l'événement redouté
 - pour les événements intermédiaires
- effectuer un classement des événements :
 - événement élémentaire représentant la défaillance d'un composant

- 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 :



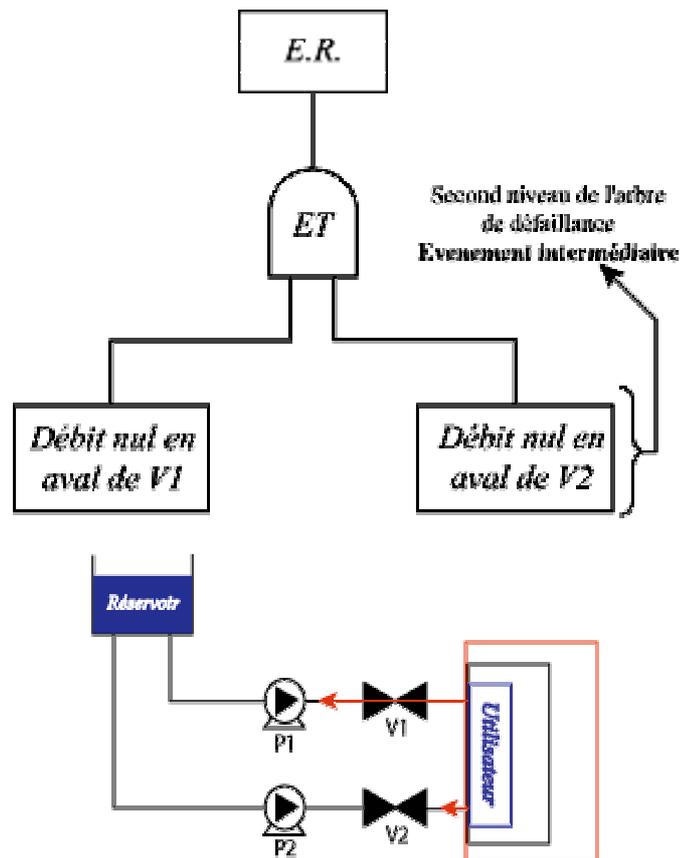
1. L'événement redouté :



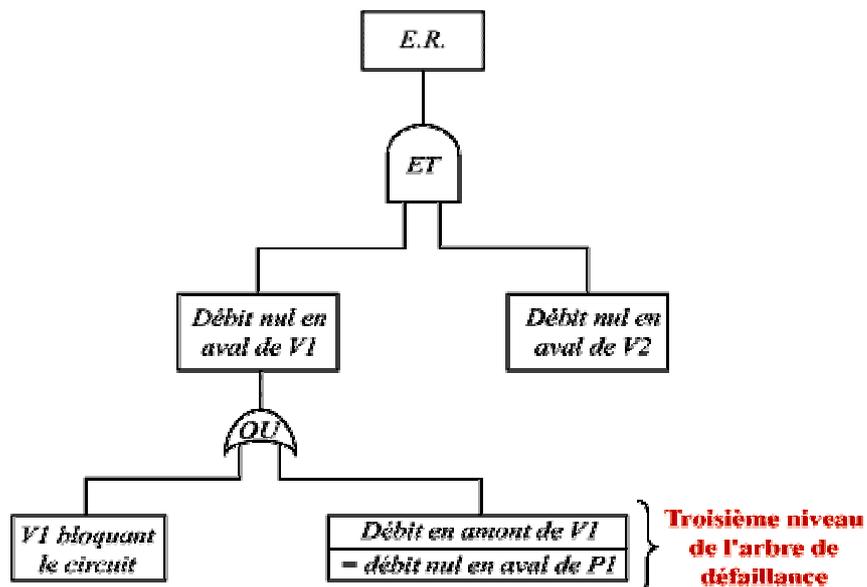
"Le système utilisateur est non alimenté" que l'on nommera ER



- 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 :

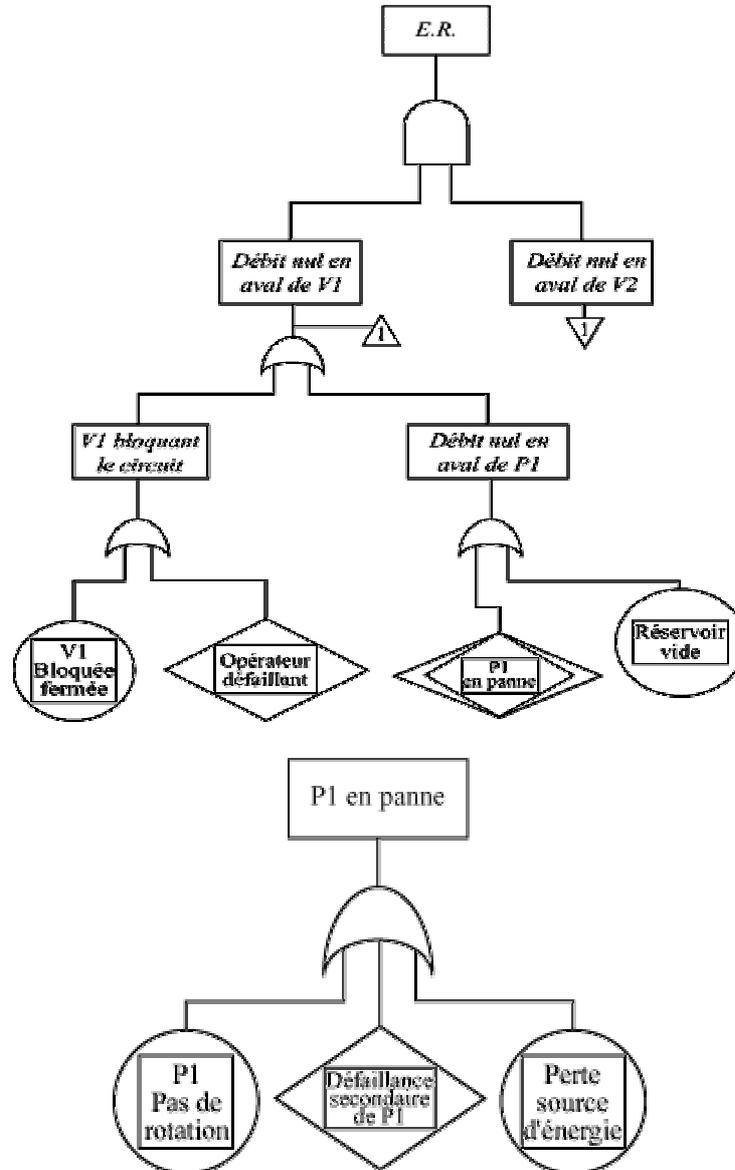
Blocage de la vanne en position fermée (un vieillissement).

- événement élémentaire "V1 bloquée fermée"

2. Défaillance de commande :

Puisque la vanne est manuelle, cette défaillance serait due à l'opérateur qui n'aurait pas ou mal effectué l'ouverture de V1.

- événement élémentaire non développé "opérateur défaillant"



- Défaillance première** : pas de rotation de la pompe.
 - événement élémentaire "P1 - Pas de rotation"
- Défaillance secondaire** : défaillance due à une cause extérieure ou à une utilisation particulière. Ici un corps étranger qui obstrue la pompe.
 - événement élémentaire non développé « Défaillance secondaire de P1 »
- Défaillance de commande** : puisque la pompe est électrique, cette défaillance serait due à la perte de la source d'énergie.
 - événement élémentaire « Perte source d'énergie »

2. Les diagrammes de fiabilité

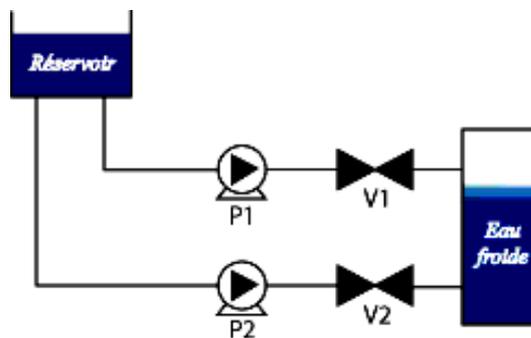
Les diagrammes de fiabilité modélisent l'ensemble des missions à réaliser pour garantir le succès de la mission du système.

2.1. Définition

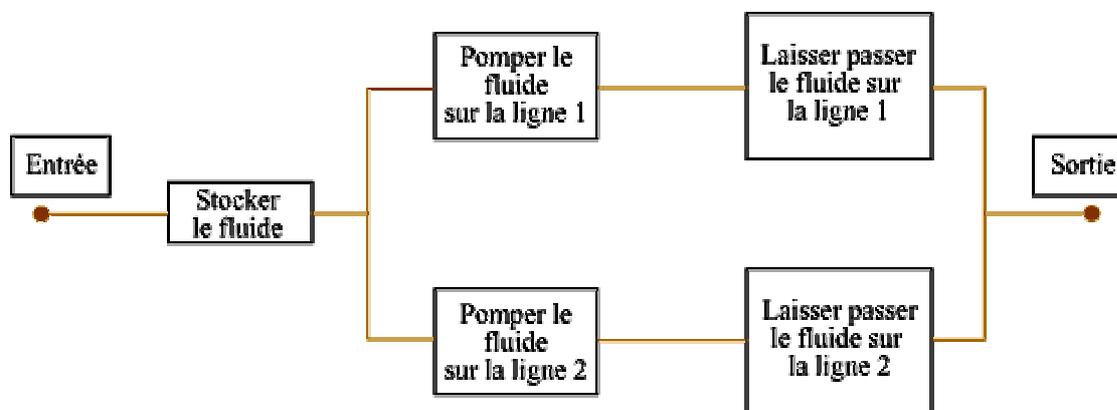
Le diagramme de défaillance est une représentation graphique sous forme de boîtes ou de blocs. Il représente une démarche d'analyse par décomposition fonctionnelle du système en sous-fonction ou mission.

Le diagramme de fiabilité est construit en recherchant la mission de chaque sous ensemble qui permet d'atteindre la mission globale du système, les boîtes peuvent représenter des fonctions ou des composants.

Exemple :



Représentation de l'enchaînement des missions à réaliser :



2.2. Les objectifs

Un diagramme de fiabilité est un modèle qui permet de représenter le comportement d'un système sous une vue fonctionnelle. Cette modélisation ne permet pas de prendre en compte les réparations des composants. Cette modélisation est donc utilisée uniquement pour l'analyse de la fiabilité des systèmes.

La modélisation repose sur la définition des missions ou des fonctions de chaque constituant du système. Le diagramme de fiabilité décrit les liens entre les composants. L'objectif est de dissocier toutes les opérations à réaliser pour aboutir au succès de la mission du système. Le

diagramme de fiabilité donne alors une représentation graphique facile à interpréter et qui permet des analyses de fiabilité.

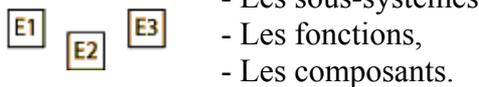
D'un point de vue qualitative l'analyse permet de déterminer les faiblesses du système. Elle est faite dans le but de proposer des modifications afin d'améliorer la fiabilité du système. La recherche des éléments les plus critiques est faite en déterminant les chemins qui conduisent à la réussite de la mission du système et la recherche des composants apparaissant dans le plus grand nombre de ces chemins. L'analyse des scénarios qui conduisent à l'échec de la mission est alors possible l'objectif est de disposer des "barrières de sécurité" pour éviter les incidents.

Enfin, il est possible d'évaluer la probabilité de réussite de la mission connaissant la probabilité de succès des sous-missions des constituants. Cette analyse quantitative a pour objectif en particulier de définir la probabilité de bon fonctionnement du système. Les calculs reposent sur : les probabilités de réussite des missions des constituants du système.

2.3. Construction du diagramme de fiabilité

La méthode d'analyse par diagramme de fiabilité repose sur :

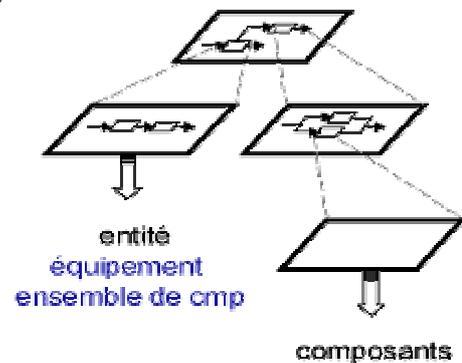
- Une décomposition du système en sous-systèmes, chaque entité est modélisée par des blocs :



- Puis une recherche des liens entre les blocs est faite :

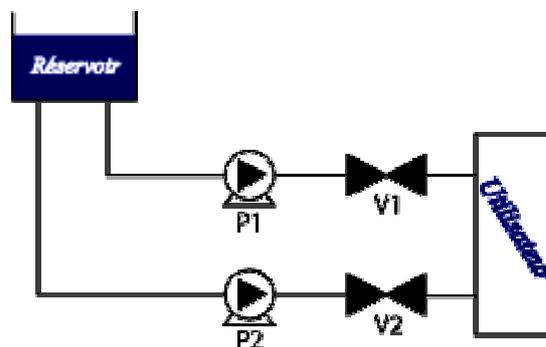


Fonction principale



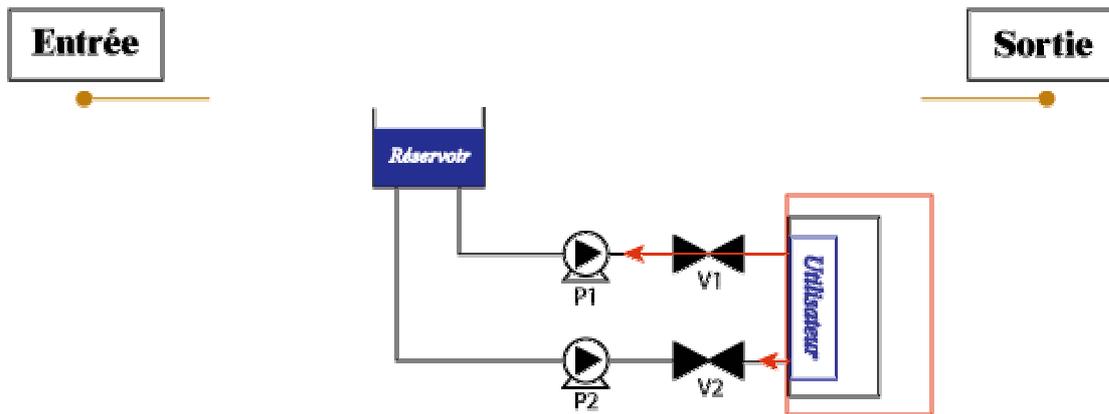
Fonctions élémentaires

Exemple de construction du diagramme de fiabilité :



La mission : « Alimenter le système utilisateur »

Diagramme de fiabilité :

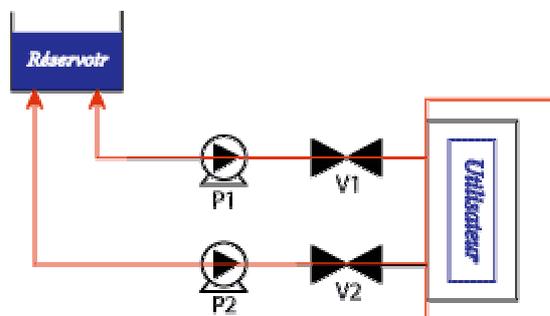
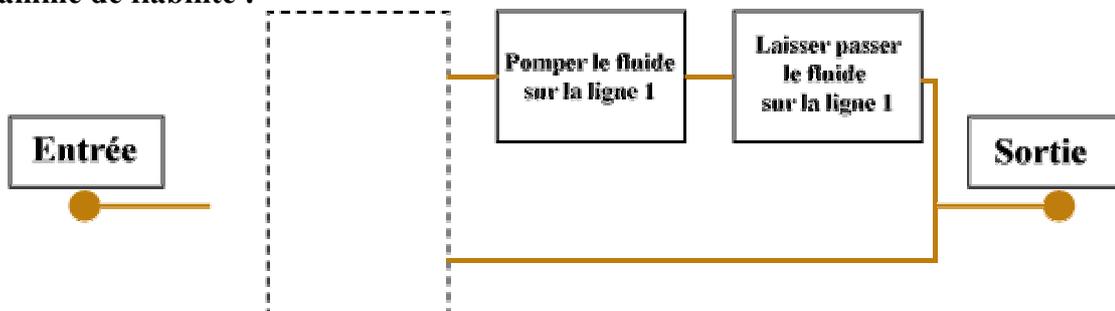


Pour la réussite de la mission, il faut que :

"V1 laisse passer le fluide sur la ligne 1" et "P1 pompe le fluide sur la ligne 1"

OU.....

Diagramme de fiabilité :



Pour la réussite de la mission, il faut que :

("V1 laisse passer le fluide sur la ligne 1" et "P1 pompe le fluide sur la ligne 1"

OU

"V2 laisse passer le fluide sur la ligne 2" et "P2 pompe le fluide sur la ligne 2")

ET.....

Diagramme de fiabilité :

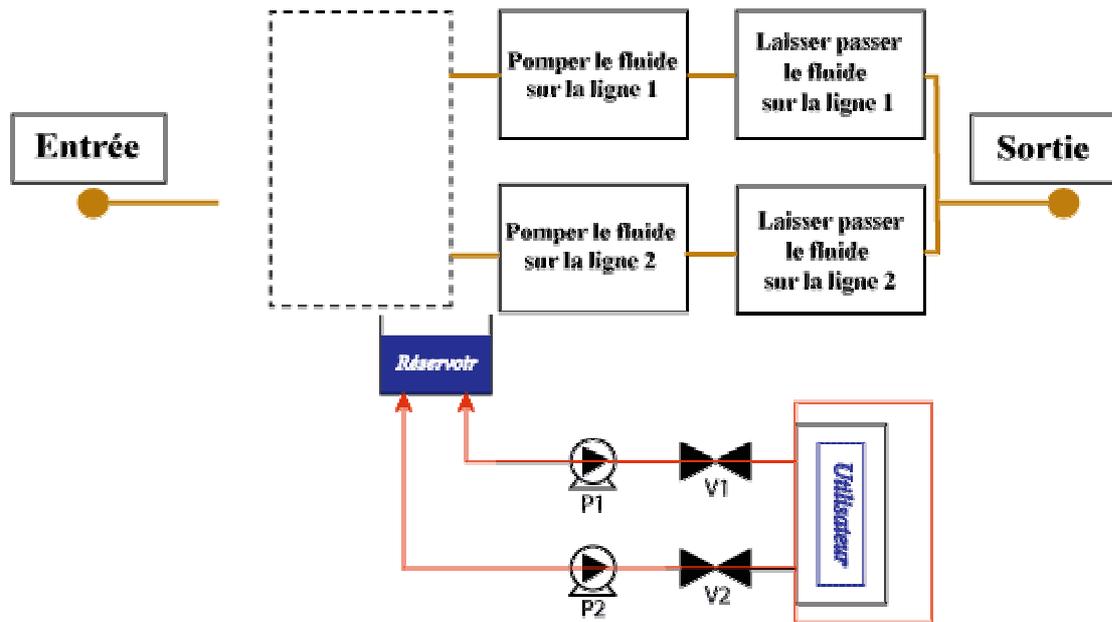
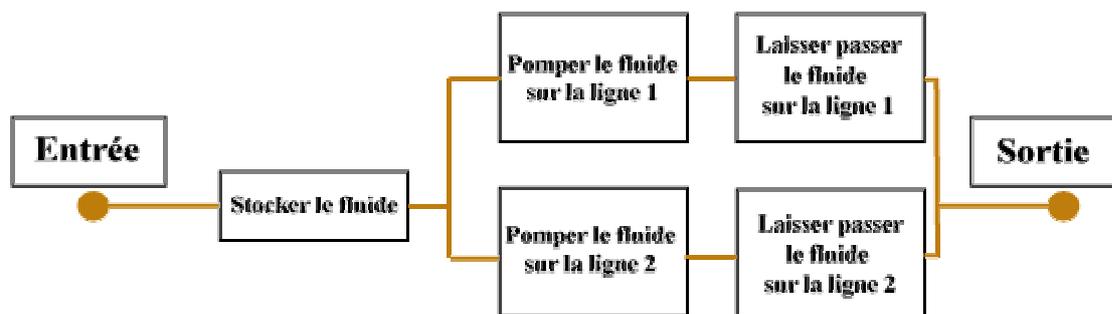
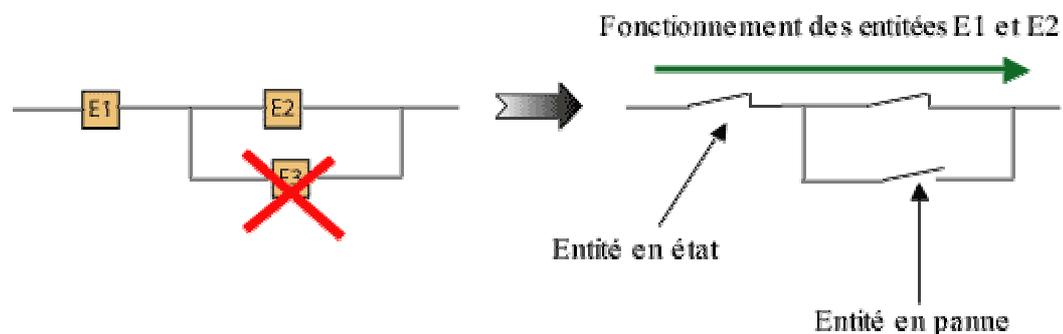


Diagramme de fiabilité :



2.4. Liens ou chemins de succès

Un bloc est considéré comme un **interrupteur fermé** lorsque l'entité est en état de fonctionnement ou un **interrupteur ouvert** lorsque l'entité est en état de panne. Si le "signal" qui entre dans le diagramme en ressort, le système est déclaré en état de fonctionnement et la mission est réussie, sinon le système est en panne.

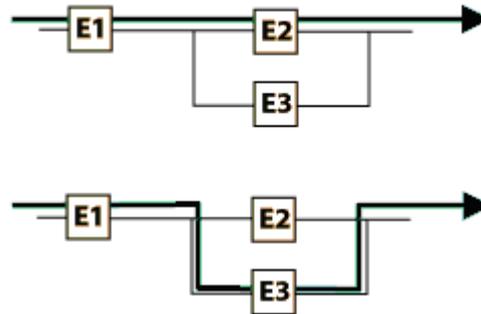


Un **Lien** ou **chemin de succès** est un ensemble d'entités dont le fonctionnement assure le succès de la mission du système.

Un **chemin de succès minimal** est une des plus petites combinaisons d'entités qui lorsqu'elles sont en fonction permettent d'assurer la fonction requise pour le système.

Exemple

Dans le système représenté par ce diagramme de fiabilité, il existe deux chemins de succès minimal :



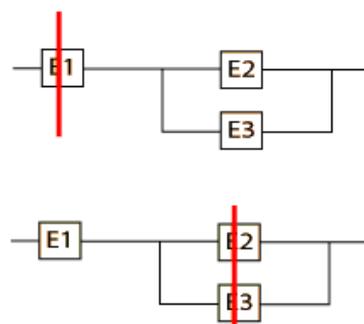
Un troisième chemin de succès existe, c'est lorsque l'ensemble des entités est en fonction. Mais ce chemin n'est pas minimal car il est constitué des deux chemins précédents.

2.5. Coupes

Une **coupe** est un ensemble de blocs ou d'entités qui conduit à la panne ou la non réussite de la mission du système si ces blocs ne peuvent plus réaliser leurs fonctions (ex : défaillance de composant).

Une coupe est un ensemble d'entités qui apparaissent dans tous les chemins de succès. Si l'ensemble des entités d'une coupe est en panne alors aucun chemin de succès ne permet de conduire à la réussite de la mission du système.

Une **coupe minimale** est la plus petite combinaison d'entités entraînant l'échec de la mission du système (elle ne contient aucune autre coupe).



2.6. Diagramme de fiabilité élémentaire

Le diagramme série :

La panne de l'un ou de l'autre des éléments entraîne la panne du système

Chemins de succès ou liens minimaux :

E1, E2

Coupes minimales :

E1

E2



Le diagramme parallèle (ou redondance active)

La panne de tous les éléments entraîne la panne du système. Si un seul des éléments fonctionne alors il conduit au fonctionnement du système.

Chemins de succès ou liens minimaux :

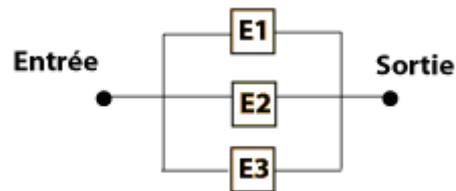
E1

E2

E3

Coupes minimales :

E1, E2, E3

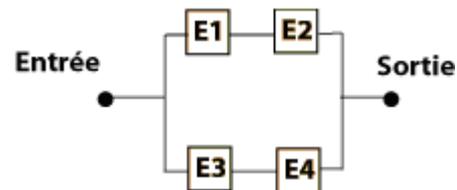


Le diagramme série-parallèle

Chemins de succès ou liens minimaux :

E1, E2

E3, E4



Coupes minimales :

E1, E3 E2, E3

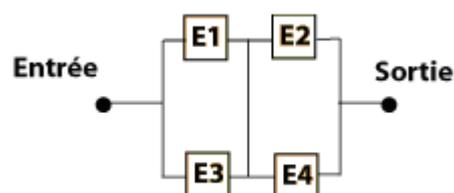
E1, E4 E2, E4

Le diagramme parallèle-série

Chemins de succès ou liens minimaux :

E1, E2 E2, E3

E1, E4 E3, E4

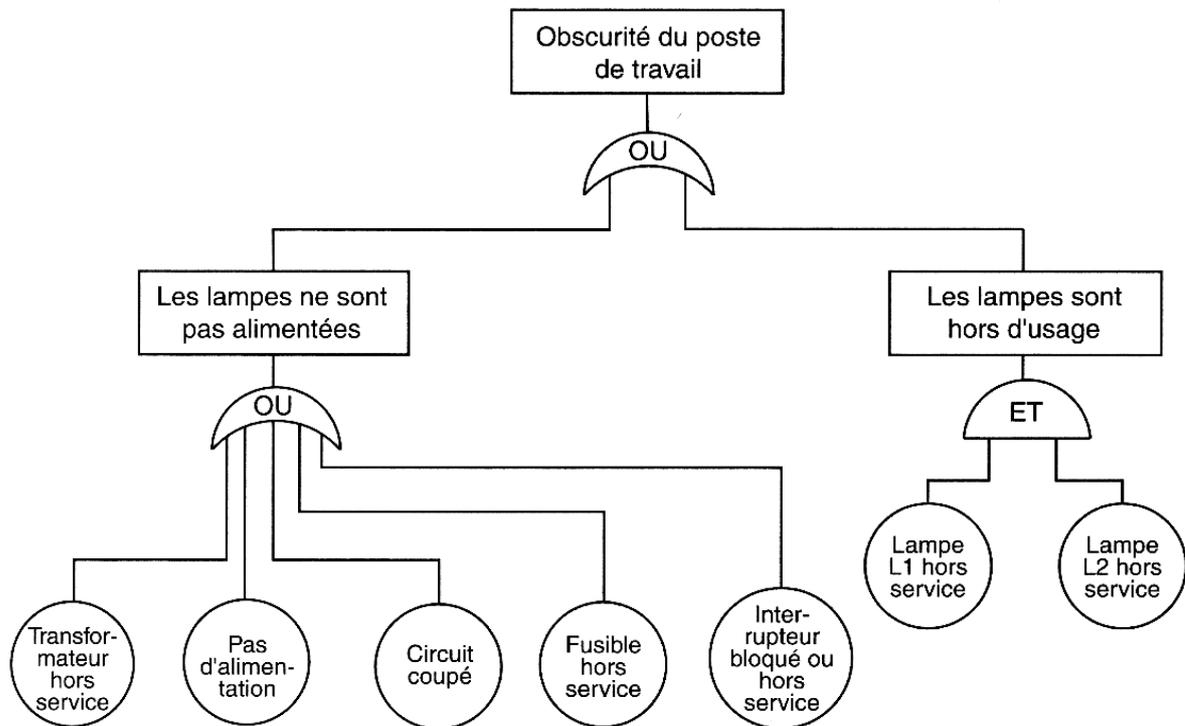


Coupes minimales :

E1, E3

E2, E4

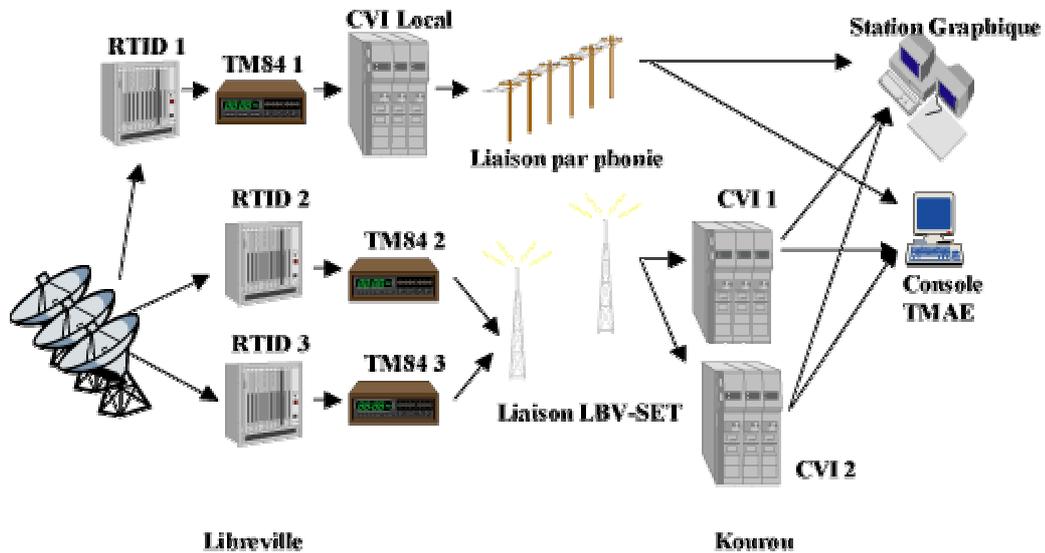
Exemple : Éclairage d'un poste de travail muni de deux lampes.



Exercices récapitulatifs

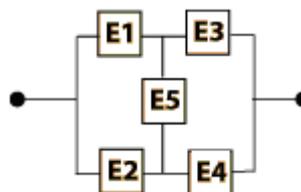
1 : Fiabilité des transmissions de données de la base de lancement d'Ariane

La réussite d'un lancement d'Ariane repose sur la transmission des paramètres de vol des antennes satellites de Libreville à la station graphique ou à la console TMAE du centre spatial de Kourou. Donner le diagramme de fiabilité du système de transmission d'informations ARIANE.



2 : Correspondance entre AdD et DF

1) Établir l'arbre de défaillance du système suivant :



2) Rechercher les coupes minimales.

V. Méthode PERT

PERT – Program Evaluation and Review Technique (Technique d'organisation et de contrôle des projets)

1. Fonctions

La méthode PERT est une méthode d'ordonnancement de projets importants à long terme, permettant la coordination optimale des tâches constituant ce projet.

La méthode permet :

- la prise en compte des différentes tâches à réaliser et des antériorités à respecter entre ces tâches ;
- la détermination de la durée globale du projet et les tâches qui la conditionnent ;
- la détermination des dates « au plus tôt » et « au plus tard » pour lancer chaque tâche ;
- l'établissement d'un planning d'exécution et d'enchaînement des tâches, voir « planning de Gantt » ;
- la gestion des moyennes logistiques (matériel) et humains (effectif) intervenant sur le projet.

2. Présentation

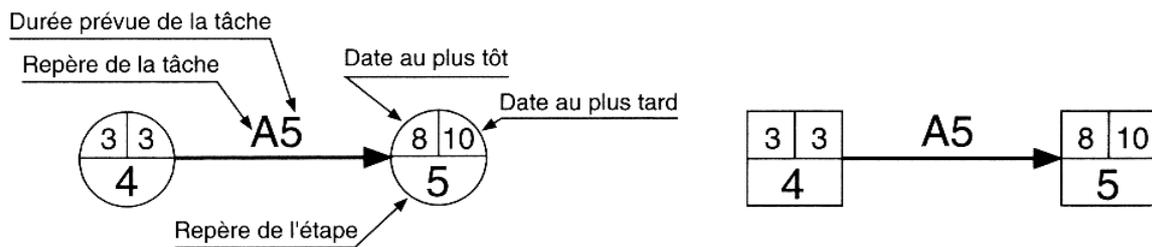
2.1 Règles de présentation

La méthode repose sur la notion de graphe ou de réseau qui traduit l'ensemble des tâches d'un projet et leurs liens. Le réseau est constitué de chemins matérialisés par un vecteur représentant une tâche et des étapes matérialisant le début et la fin d'une tâche.

Les longueurs des vecteurs ne sont pas représentatives de la durée de la tâche.

L'étape ne consomme ni temps, ni moyen, ni coût, elle est représentée généralement par un cercle, quelquefois par un carré.

Exemple :



Interprétation :

La tâche A commence à l'étape 4 et se termine à l'étape 5.

Si l'unité de temps est le jour, elle dure 5 jours, elle commencera au plus tôt le troisième jour après le lancement du projet et s'achèvera le huitième jour.

L'étape 5 pouvant commencer au plus tard le dixième jour, dans ce cas la tâche A peut commencer alors au plus tard le cinquième jour.

Remarque :

L'étape 5 ne doit pas obligatoirement commencer après l'étape 4, le chiffre n'est qu'un repère choisi arbitrairement.

3. Contraintes d'antériorité

Dans l'élaboration d'un projet, une tâche peut nécessiter la réalisation d'autres tâches avant de commencer.

Exemple :

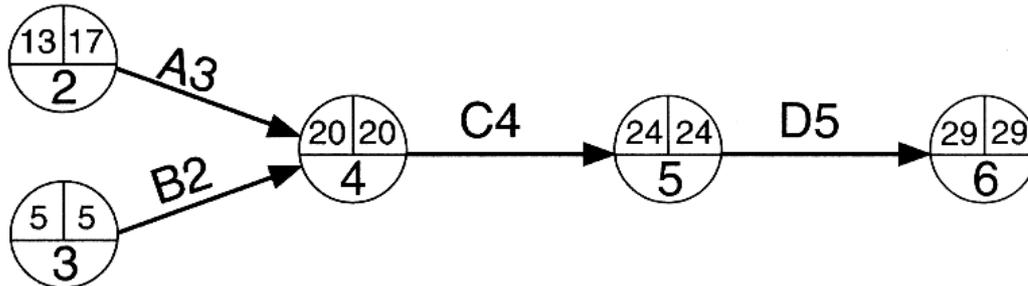
Commencer la tâche A « Vérifier l'usure des axes et des roulements du réducteur » si la tâche E « Dépose et démontage du réducteur » n'est pas terminée.

Dans ce cas on dit que la tâche E est antérieure à la tâche A ou que la tâche A a pour antériorité la tâche E.

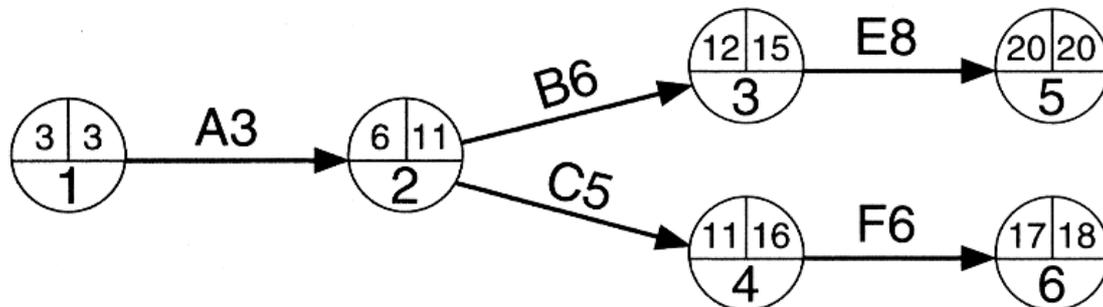
Règle de convergence

Règle d'enclenchement : la tâche D ne peut commencer que si la tâche C est terminée.

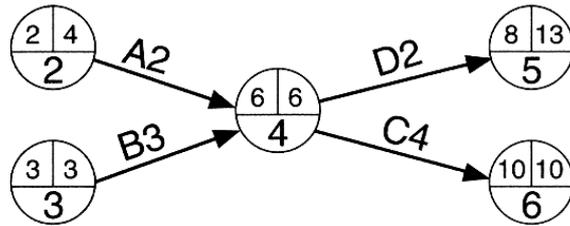
Règle de convergence : la tâche C ne peut commencer que si les tâches A et B sont terminées.

**Règle de divergence**

Les tâches B et C ne peuvent commencer que si la tâche A est terminée, ce qui n'implique pas qu'elles doivent commencer simultanément.

**3.3 Convergence et divergence**

La tâche C et la tâche D ont pour antériorité les tâches A et B.

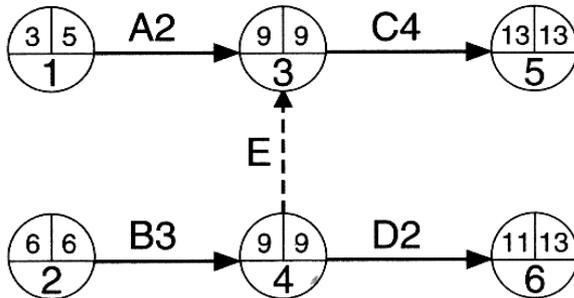


Ce graphe représente une convergence – divergence exprimant une contrainte supplémentaire.

3.4 Tache fictive

On prend l'exemple des contraintes d'antériorité suivantes :

La tâche C a pour antériorité les tâches A et B, la tâche D a pour antériorité la tâche B.



La tâche fictive de durée nulle matérialisant l'antériorité de la tâche c avec la tâche B a été ajoutée. Elle est représentée par un vecteur en pointillé.

4. EXEMPLE DE REALISATION DU RESEAU PERT

Les opérations de maintenance sur une unité de nettoyage de pièces après usinage sont données dans le tableau ci-dessous.

Tâches	Tâches antérieures	Durée	Effectif
A	G	3 jours	4
B	J	4 jours	2
C	B	6 jours	4
D	A - C - K	3 jours	2
E	F	5 jours	3
F	–	2 jours	1
G	F	3 jours	2
H	G	2 jours	1
I	E - J	2 jours	1
J	F	4 jours	2
K	B - H - I	5 jours	3

Le service de maintenance ne dispose que de 7 personnes pour la réalisation de ce projet. Le service d'ordonnancement demande d'établir un planning permettant de visualiser l'enclenchement des tâches et un planning de gestion du personnel pour ce projet.

4.1 Démarche

- 1) Inventorier les tâches ;
- 2) Attribuer un code alphabétique à la tâche ;
- 3) Déterminer la durée de la tâche ;
- 4) Rechercher les antériorités ;
- 5) Etablir la matrice des antériorités ;
- 6) Etablir le réseau PERT ;
- 7) Rechercher le chemin critique ;
- 8) Déterminer les dates « au plus tôt » et « au plus tard » ;
- 9) Calculer la marge libre et la marge totale sur les tâches n'appartenant pas au chemin critique ;
- 10) Tracer le diagramme de Gantt.

4.2 Matrice des antériorités

Tâches	Antériorités											Niveaux					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Total	1	2	3	4	5
A							1					1	1	0	A		
B										1		1	1	0	B		
C		1										1	1	1	0	C	
D	1		1								1	3	3	3	2	0	D
E						1						1	0	E			
F												0	F				
G						1						1	0	G			
H							1					1	1	0	H		
I						1				1		2	2	0	I		
J						1						1	0	J			
K		1						1	1			3	3	3	0	K	

	E	A	C	
F	G	B	K	D
	J	H		
		I		

Chaque contrainte d'antériorité est notée 1 dans la case correspondante. La tâche A ayant pour antériorité la tâche G, on note 1 dans la case de la ligne A avec la colonne G.

On calcule le total des contraintes pour chaque tâche ; ainsi les tâches n'ayant aucune contrainte sont exécutables.

Lorsque la tâche est réalisée, son antériorité disparaît.

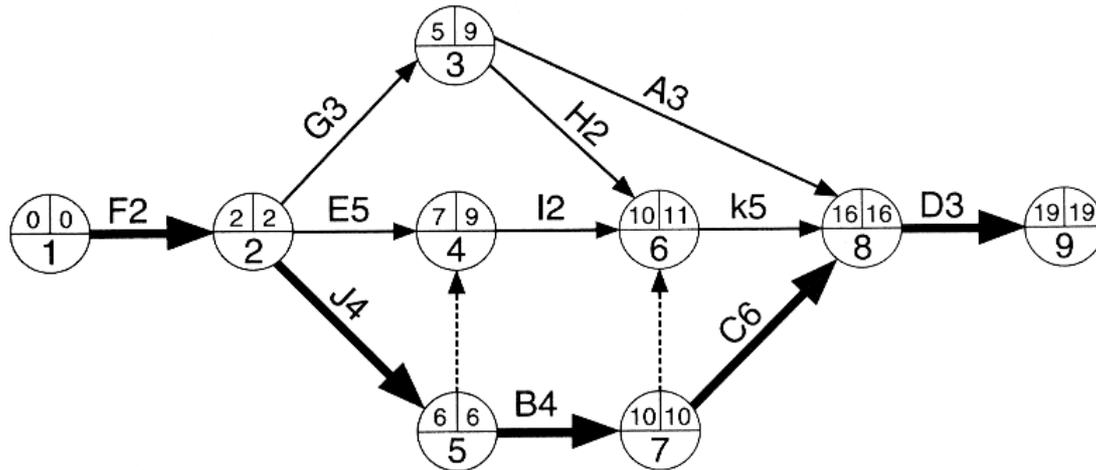
Remarque :

Tracer directement le réseau relatif à un projet n'est possible que pour un nombre des tâches réduit.

Généralement on établit une matrice d'antériorité permettant de définir l'enclenchement chronologique des tâches par niveau.

Au niveau 1 on réalise la tâche F, au niveau 2 on réalise les tâches E, G, J,...

4.3 Réseau PERT



4.4 Détermination du chemin critique

Différents chemins permettant d'atteindre l'étape 9 ont une durée différente. Le chemin dont la durée est la plus longue est appelé **chemin critique**. Il doit être visualisé sur le réseau par un double trait ou par un trait plus épais.

Rep.	Chemin	Durée
1	F + G + A + D	$2 + 3 + 3 + 3 = 11$
2	F + G + H + K + D	$2 + 3 + 2 + 5 + 3 = 15$
3	F + E + I + K + D	$2 + 5 + 2 + 5 + 3 = 17$
4	F + J + I + K + D	$2 + 4 + 2 + 5 + 3 = 16$
5	F + J + B + K + D	$2 + 4 + 4 + 5 + 3 = 18$
6	F + J + B + C + D	$2 + 4 + 4 + 6 + 3 = 19$

Conclusions :

La durée du projet est égale à la durée du chemin critique, elle est de 19 jours si les prévisions sur chaque tâche respectées. Les tâches appartenant au chemin critique sont des tâches critiques pour lesquelles le respect du délai est impératif. Le chemin critique est indépendant du nombre d'étapes.

4.5 Détermination du battement

Le battement d'une étape est la différence entre la date au plus tard et la date au plus tôt de cette étape.

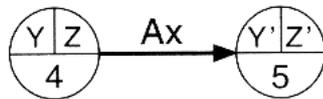
La date au plus tôt d'une étape est la durée du chemin le plus long menant à cette étape.

La date au plus tard d'une étape est la différence entre la durée du projet et la durée du chemin le plus long restant à faire pour terminer le projet.

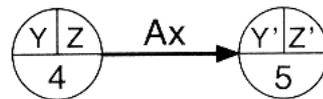
Les étapes se trouvant sur le chemin critique ont un battement nul.

Étape	Date au plus tôt	Date au plus tard	Battement
1	0	$19 - (2 + 4 + 4 + 6 + 3) = 0$	$0 - 0 = 0$
2	$0 + 2 = 2$	$19 - (4 + 4 + 6 + 3) = 2$	$2 - 2 = 0$
3	$2 + 3 = 5$	$19 - (2 + 5 + 3) = 9$	$9 - 5 = 4$
4	$2 + 5 = 7$	$19 - (2 + 5 + 3) = 9$	$9 - 7 = 2$
5	$2 + 4 = 6$	$19 - (4 + 6 + 3) = 6$	$6 - 6 = 0$
6	$2 + 4 + 4 = 10$	$19 - (5 + 3) = 11$	$11 - 10 = 1$
7	$2 + 4 + 4 = 10$	$19 - (6 + 3) = 10$	$10 - 10 = 0$
8	$2 + 4 + 4 + 6 = 16$	$19 - 3 = 16$	$16 - 16 = 0$
9	$2 + 4 + 4 + 6 + 3 = 19$	$19 - 0 = 19$	$19 - 19 = 0$

4.6 Détermination des marges



$$Mt = Z' - (x + Y)$$



$$ML = Y' - (x + Y)$$

La marge totale « Mt » d'une tâche est le délai maximum que l'on peut appliquer à sa date de début au plus tôt, ce qui implique d'avoir exécuté toutes les tâches antérieures au plus tôt et toutes les tâches restantes appartenant au même chemin au plus tard.

La marge libre « ML » d'une tâche est le délai maximum que l'on peut appliquer à sa date de début au plus tôt, sans affecter les dates de début au plus tôt des tâches suivantes se trouvant sur le même chemin.

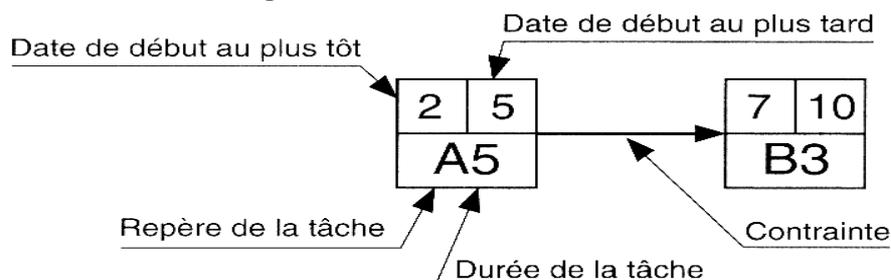
Ce type de marge est très utile pour l'ordonnement d'un projet.

5. Méthode des potentiels

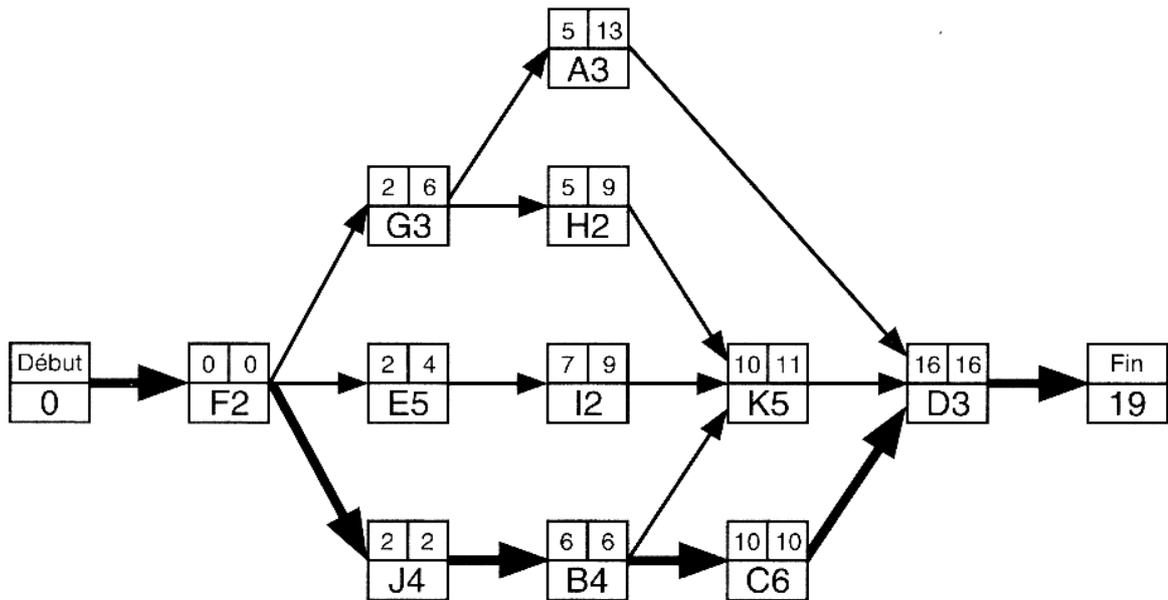
La méthode des potentiels ou MPM (d'origine française) est identique à la méthode PERT dans la démarche, seule la représentation du réseau est différente. Les tâches fictives n'existent plus, la marge totale se détermine plus facilement.

5.1 Représentation

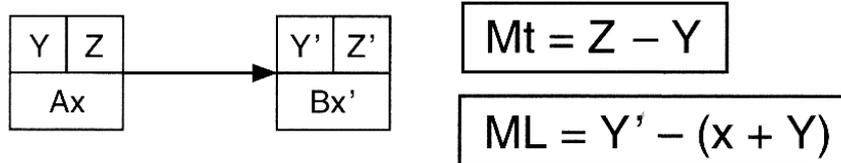
La tâche se représente dans un carré et les contraintes d'antériorité par un vecteur.



Représentation du projet par la méthode de potentiels



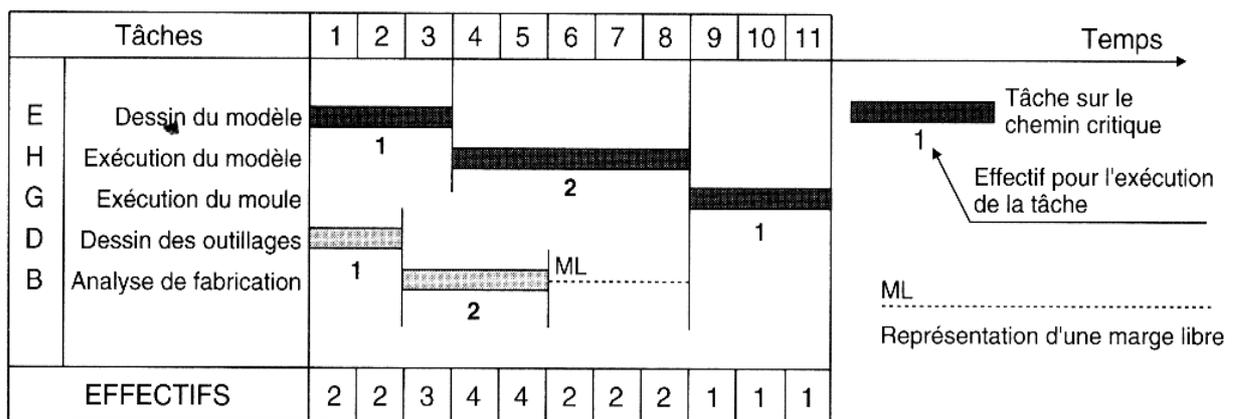
5.1 Calcul des marges



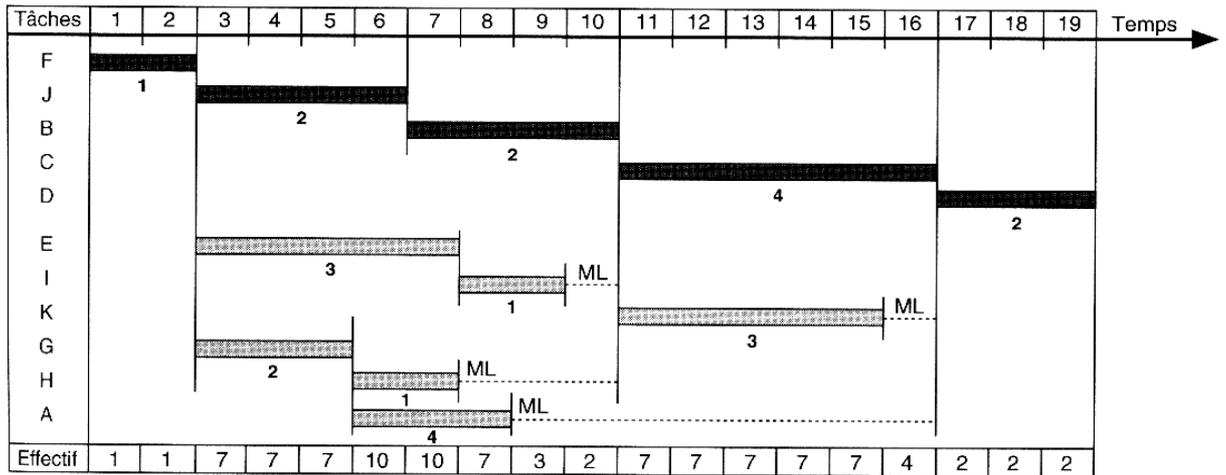
6. Diagramme de Gantt

La représentation du projet sous la forme d'un réseau PERT peut être planifiée à partir d'un diagramme de Gantt, dans lequel on trouve le temps en abscisse et la liste des tâches en ordonnée.

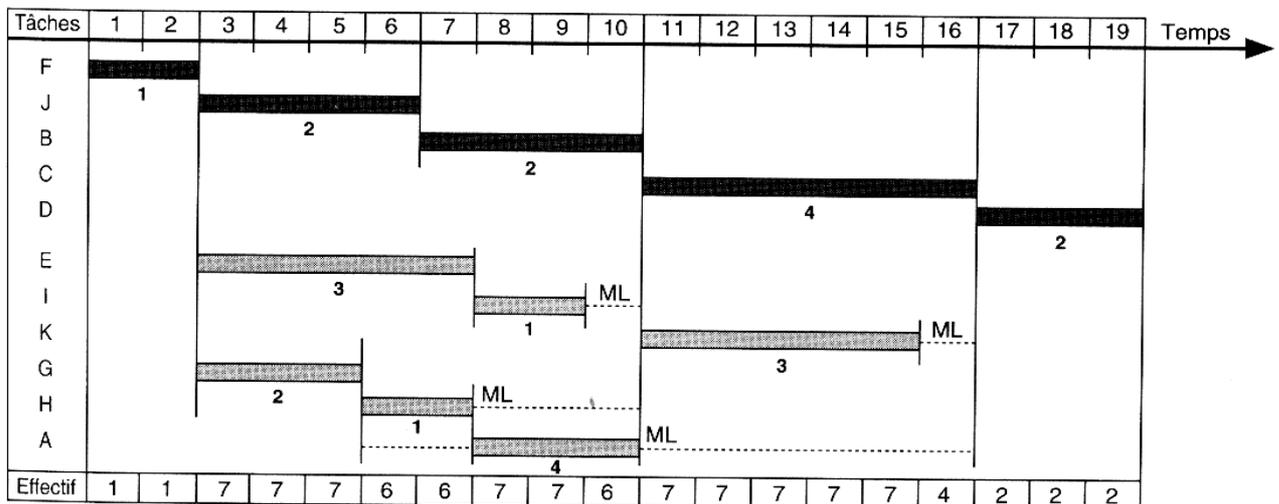
Chaque durée de tâche est représentée par une barre donc la longueur est à l'échelle de temps, ainsi que les marges libres indiquant la souplesse du projet et le personnel nécessaire à sa réalisation.



6.1 Représentation du projet précédent par un diagramme de Gantt



La lecture du diagramme fait apparaître que, le sixième et le septième jour, il faut un effectif de dix personnes alors que le service n'en dispose que de sept. En utilisant la marge libre de la tâche A on peut pallier ce problème. Après lissage, on obtient le diagramme suivant.



VI. Cartes de contrôle

1.1 Fonctions

La carte de contrôle est une représentation graphique du suivi d'une production à partir de données relevées pendant la fabrication. Les relevés s'effectuent à intervalles réguliers (fréquence de prélèvement) à partir de pièces prélevées dans la production (échantillons).

La carte de contrôle permet de visualiser la dérive du produit, de déterminer les causes assignables à cette dérive et d'intervenir sur le procès (ou processus) pour assurer une qualité et se rapprocher du zéro défaut.

Elle permet également de déterminer la capabilité de la machine et du procès.

1.2 Types de cartes de contrôle

1.2.1 Cartes de contrôle aux attributs

Les attributs sont du type binaire « conforme / non conforme », « entre / n'entre pas », « bon / mauvais », etc.

Les cartes aux attributs ne donnent pas d'avertissement en cas de modification de la production. Il faut un nombre importants de non - conformes pour s'apercevoir de la dérive du produit. Il existe quatre types de cartes de contrôle aux attributs :

- **Carte de type « p »** : proportion d'article non conformes à partir d'échantillons pouvant être de taille « différent ».
- **Carte de type « c »** : nombre de non-conformités à partir d'échantillons de même tailles.
- **Carte de type « u »** : nombre de non-conformités par unité à partir d'échantillons pouvant être de taille différente.

Les produits non conformes sont ceux qui ne respecte pas les spécifications imposées : ils sont mis au rebut.

Les produits de non-conformité sont ceux dont le défaut n'entraîne pas la mise au rebut mais qui sont comptés pour donner une valeur à la qualité de production.

Calcul des limites

« n » est le nombre de produits contrôlés par échantillon. Taille moyenne : $\bar{n} = \frac{\sum np}{k}$

- np est le nombre de produits non conformes.
- p est la proportion de produits non conformes.
- k est le nombre d'échantillons.

Type de carte	Moyenne	Limite de contrôle supérieure LCS	Limite de contrôle inférieur LCI
Carte p	$\bar{p} = \frac{\sum np}{k}$	$LCS = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$LCI = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$
Carte np	$n\bar{p} = \frac{\sum np}{k}$	$LCS = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-n\bar{p})}$	$LCI = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-n\bar{p})}$
Carte u	$\bar{u} = \frac{\text{nombre de non-conformités}}{\text{total d'articles contrôlés}}$	$LCS = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$	$LCI = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$
Carte c	$\bar{c} = \frac{\text{nombre de non-conformités}}{\text{nombre d'échantillons}}$	$LCS = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$	$LCI = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$

Echantillonnage

Construire une carte de contrôle nécessite un certain nombre de mesures, généralement 100. Pour recueillir ces données on utilise, dans la plupart des cas, les techniques d'échantillonnage. La taille d'échantillon varie en fonction de la production et du type des cartes de contrôle utilisé. De 2 à 25 (en général 5) pour les cartes de contrôle aux mesures (voir ci-après) et de 50 à 200 pour les cartes de contrôles aux attributs.

1.2.2. Cartes de contrôle aux mesures

Les cartes de contrôle aux mesures s'appliquent lorsque le paramètre à surveiller peut être quantifier par mesure (dimension, charge, puissance, température,...).
La réalisation d'une carte de contrôle aux mesures impose de vérifier que la distribution des valeurs relevées suit une loi mathématique (loi normale, par exemple : cette vérification peut se faire à l'aide d'un histogramme).

Les cartes les plus utilisées sont :

- la carte \bar{X}, R : carte des moyennes (\bar{X}) et de l'étendue (R) ;
- la carte (\bar{X}, s) : carte des moyennes (\bar{X}) et de l'écart type (s) ;
- la carte Me : carte de la médiane (Me) et de l'étendue.

Calcul des limites de contrôle pour la carte \bar{X}, R

Les limites sont calculées à partir de la moyenne de la totalité des relevés $\bar{\bar{X}}$, de la moyenne \bar{X} des échantillons et de la moyenne des étendues des échantillons \bar{R} , n étant l'effectif de l'échantillon et r le nombre total de relevés.

$$\text{Moyenne } \bar{X} = \frac{\Sigma X}{n}, \text{ la moyenne } \bar{\bar{X}} = \frac{\Sigma \bar{X}}{r},$$

$$\text{la moyenne des étendues } \bar{R} = \frac{\Sigma \text{des étendues}}{\text{nombre des échantillons}}$$

$$\text{Calcul de l'écart type } \sigma = \sqrt{\frac{\Sigma (X - \bar{X})^2}{n-1}} \text{ écart type des valeurs moyennes } S = \frac{\sigma}{n}$$

Calcul des limites des moyennes

$$\text{Limite supérieure de contrôle } LCS = \bar{\bar{X}} + 3S \quad \text{Limite inférieurs de contrôle } LCI = \bar{\bar{X}} - 3S$$

$$\text{Limite supérieure de surveillance } LSS = \bar{\bar{X}} + 2S \quad \text{Limite inférieurs de surveillance } LSI = \bar{\bar{X}} - 2S$$

Calcul des limites des étendues

$$\text{Limite supérieure de contrôle } LCS = D4\bar{R} \quad \text{Limite inférieur de contrôle } LCI = D3\bar{R}$$

$$\text{Limite supérieur de surveillance } LSS = \bar{R} + \frac{2}{3}(D4\bar{R} - \bar{R})$$

Les facteurs D3, D4 dépendent de l'effectif de l'échantillon.

n	D3	D4	n	D3	D4
1		3,267	7	0,076	1,924
2		2,574	8	0,136	1,864
3		2,282	9	0,184	1,816
4		2,114	10	0,223	1,777
5		2,004			

Organisation dans le temps

Les procédés étant instable par nature, il faut le suivre en permanence. Les mesures sont régulièrement faites en respectant la consigne préétablie. Les points des moyennes et des étendues doivent être portés sur les graphiques de contrôle à la fin de chaque série de mesures.

Lire le graphique afin de détecter les points hors limite, les tendances, les concentrations des points... C'est cette lecture qui permet de détecter les variations anormales du procédé et donc d'analyser et de remédier rapidement aux anomalies.

1.3. Capabilité machine

La capabilité machine est déterminée en fonction de valeurs appelées « indices de capabilité ». Ceux-ci permettent de définir l'aptitude de la machine à respecter les spécifications de la production. Pour répondre à l'objectif, il faut que les indices soient supérieurs à 1, la valeur idéale étant 1,3.

$$\text{Indice de capabilité : } C_p = \frac{\text{tolérance} \cdot \max i - \text{tolérance} \cdot \min i}{6 \cdot \text{écarts} \cdot \text{types}(\sigma)}$$

$$\text{Indice de glissement : } C_{pk} = \frac{\text{espace} \cdot \text{entre} \cdot \overline{X} \cdot \text{et} \cdot \text{la} \cdot \text{tolérance} \cdot \text{la} \cdot \text{plus} \cdot \text{proche}}{3 \cdot \text{écarts} \cdot \text{type}(\sigma)}$$

1.4. Présentation de la carte contrôle

Le support de la carte de contrôle doit comporter quatre parties :

Les relevés

On y trouve les mesures regroupées par échantillons, les informations générales intéressantes (dates, postes, heures,...) et les valeurs de la moyenne et de l'étendue de chaque échantillon.

Le graphique des moyennes

On y trouve la moyenne générale ($\overline{\overline{X}}$), les limites de contrôle et de surveillance de (\overline{X}) et la représentation point par point de la moyenne de chaque échantillon.

Le graphique des étendues

On y trouve l'étendue moyenne (R), les limites de contrôle et de surveillance et la représentation point par point de l'étendue de chaque échantillon.

Les observations

On y trouve toutes les observations relatives au fonctionnement du procédé. Ces observations doivent permettre de cerner le mieux possible les causes de variations du paramètre mis sous contrôle.

Remarque :

Une carte de contrôle aux mesures comprend deux graphiques : un pour suivre la tendance et l'autre pour suivre la dispersion du procédé. Une carte de contrôle aux attributs comprend un seul graphique qui permet de suivre l'évolution de la production.

SPC		SPC		SPC		SPC		CARTE DE CONTRÔLE DU PROCÉDÉ (\bar{X}/R)														SPC		SPC		SPC		SPC										
unité :				point :				opérateur :																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34			
	1																																					
	2																																					
	3																																					
	4																																					
	5																																					
SOMME ΣX																																						
ÉTENDUE R	LSC R :																																					
	LSS R :																																					
	R :																																					
	LIC R :																																					
ÉTENDUE R																																						
MOYENNE \bar{X}																																						
MOYENNE \bar{X}	LSC \bar{X} :																																					
	LSS \bar{X} :																																					
	\bar{X} :																																					
	LIS \bar{X} :																																					
	LIC \bar{X} :																																					
MOYENNE : \bar{X}																																						
$\bar{X} = \frac{\text{somme des relevés}}{\text{nombre de relevés}}$																																						
ÉTENDUE : R =																																						
valeur maxi - valeur mini																																						
observations																																						

1.5. Interprétation des cartes de contrôle

La carte des moyennes \bar{X} permet de contrôler les paramètres de réglage de la machine. L'analyse de cette carte montre l'évolution du dérèglement et permet de prévoir le changement d'outillage.

La carte des étendues R permet de contrôler les dispersions de la machine et d'en percevoir sa dégradation (usure, jeu plus important dans le guidage...).

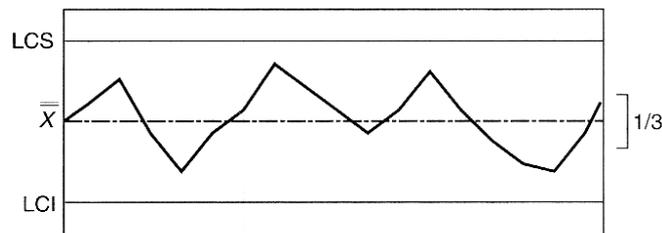
Ces deux cartes doivent être analysées en parallèle et non indépendamment, chaque donnant des renseignements complémentaires. Cette analyse permet de déterminer les causes assignables à l'aide du journal de bord (observations relatives au fonctionnement du procédé) et de mettre en place les actions correctives qui s'imposent.

5.1 Analyse graphique : carte des moyennes \bar{X}

Le graphe est normal :

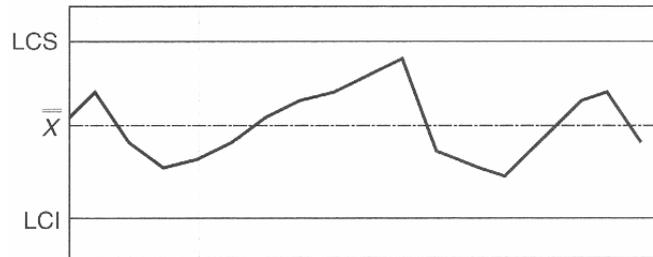
2 / 3 des points sont situés dans le 1 / 3 des limites de contrôle autour de la moyenne.

1 / 3 des points répartis dans 2 / 3 restants.

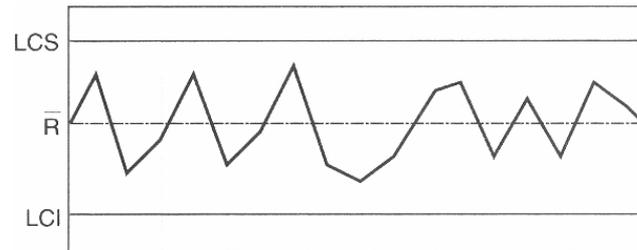


Lorsque l'on observe :

7 points consécutifs en augmentation ou en diminution régulière ou situés du même côté de la moyenne : c'est le signe d'une dérive ou d'une tendance s'amorçant dans le procédé.

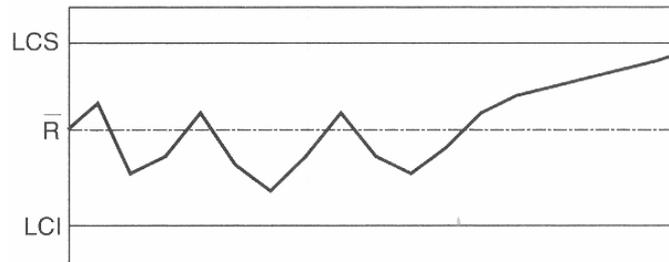


1.5.2 Analyse graphique : carte des étendues R



Le graphe est normal :

Aucun point ne se trouve à l'extérieur des limites de contrôle.



Lorsque l'on observe :

Une série de points consécutifs en augmentation situés au-dessus de la moyenne : c'est le signe d'un mauvais fonctionnement du système ou d'un problème d'homogénéité de la matière.

Chapitre 4

Rôles des interventions

Intervention est l'action de l'équipe de maintenance, après la manifestation de la défaillance dans maintenance corrective, ou suivant une périodicité donnée dans la maintenance préventive.

Une intervention peut être :

- diagnostic
- un dépannage
- une réparation
- un remplacement par échange standard
- une révision
- essai
- modification

L'intervention enferme en soi quelques phases fondamentales :

- Détection de la panne ou écoulement de l'échéance ;
- Transmission de l'information ;
- Alerte de l'équipe de l'intervention ;
- Déplacement de l'équipe ;
- Diagnostic (en correctif) ;
- Disposition de rechanges ;
- Dépannage ou réparation ;
- Contrôle ;
- Remise en service.

1. Méthodologie de diagnostique**Démarche**

Lorsqu'une défaillance apparaît, on déclenche une action de maintenance corrective. Celle-ci est décomposable en plusieurs phases :

1. **Détection** : cette phase permet de déceler, par une surveillance accrue, l'apparition d'une défaillance et d'établir un constat de défaillance ;
1. **Localisation** : à partir du constat de défaillance et du dossier technique, cette phase permet de rechercher précisément le ou les éléments pouvant entraîner cette défaillance (hypothèses) ;
2. **Diagnostique** : la vérification des hypothèses émises permet d'identifier la ou les causes de la défaillance et de définir les opérations de maintenance corrective à mettre en place. En maintenance corrective, l'aide au diagnostique est un outil précieux permettant de gagner du temps. Les outils d'aide au diagnostique se présentent sous différents formes : organigramme de dépannage, tableau causes - effets, logigramme de test, guide d'auscultation, système expert,...
3. **Opération de maintenance corrective** : dépannage ou réparation.

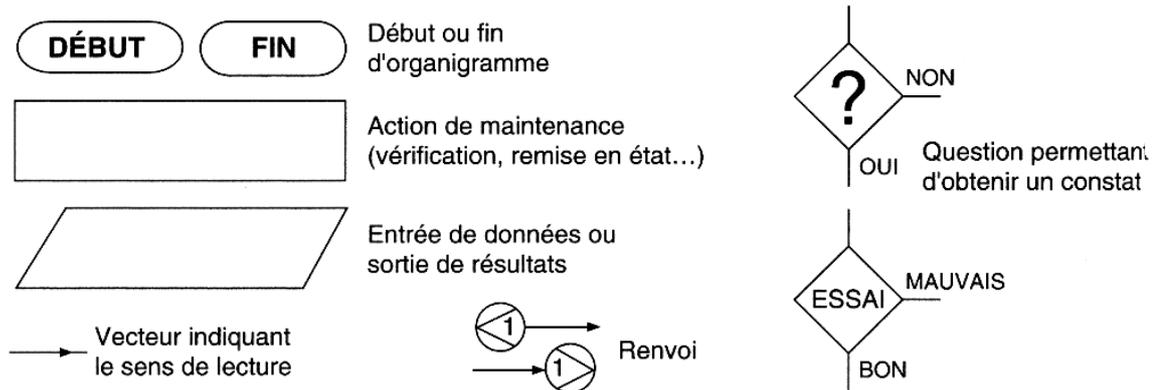
2. Organigramme de dépannage

Démarche

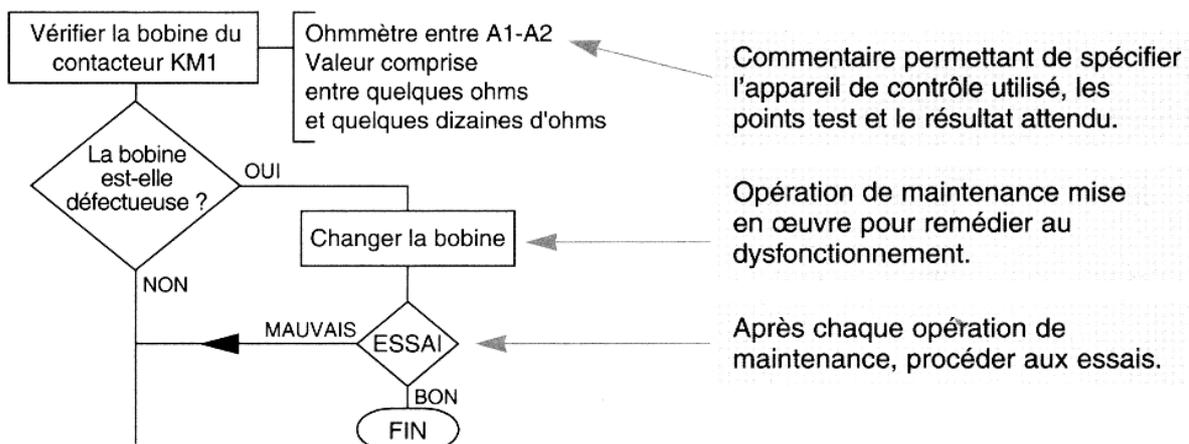
Faire l'inventaire des causes possibles de la panne et les classer suivant des critères pouvant être :

- la probabilité de la panne : on consulte le fichier historique pour déterminer la fréquence d'apparition de celle-ci ;
- la rapidité du contrôle prenant en compte l'accessibilité de l'élément à contrôler ;
- le matériel du contrôle disponible pour effectuer le diagnostique (par exemple, appareil du contrôle des vibrations donnant une information sur l'état des roulements, évitant ainsi un démontage).

Symboles utilisés



Exemple : Présentation d'une séquence



3. Tableau causes – effet

Il se présente sur la forme d'un tableau à deux entrées : les effets sont des événements constatables liés au fonctionnement et les causes les faits à partir desquels se produit ou se manifeste l'effet. Il est préférable, en maintenance, d'agir sur la cause plutôt que sur l'effet.

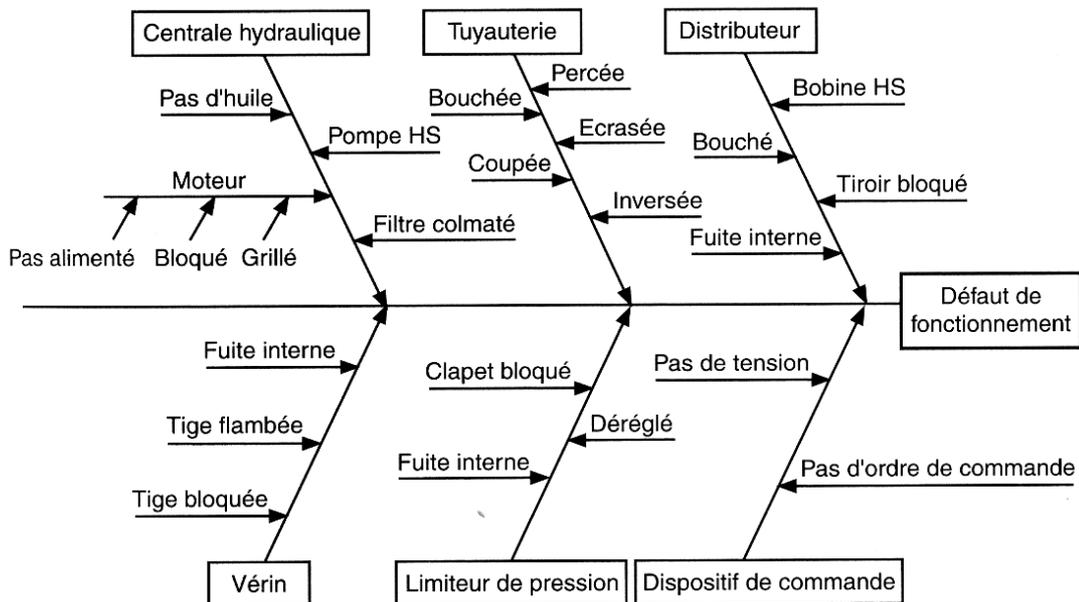
Exemple : Mauvais fonctionnement d'une installation hydraulique (effet constaté sur le récepteur).

Effets	Causes													
	La pompe ou le moteur sont endommagés ou usés.	La pompe n'aspire pas.	Le moteur ne fonctionne pas.	Le moteur tourne dans le mauvais sens.	L'accouplement pompe/moteur est défectueux.	Le distributeur est défectueux.	Le limiteur de pression est déréglé.	La viscosité du fluide est trop élevée.	La valve de réglage du débit est mal réglée.	Le récepteur est défectueux (vérin-moteur).	Fuite externe dans le circuit.	Présence d'air dans le circuit.	Fluide contaminé.	Mauvaise lubrification des effecteurs.
Pas de mouvement	●	●	●	●	●	●	●							
Mouvement trop lent	●						●	●	●	●	●			●
Mouvement irrégulier	●						●			●		●	●	●
Mouvement trop rapide								●						

4. Diagramme causes – effet

Appelé diagramme d’Hischkawa ou diagramme en « arrête de poisson » plus utilisé comme un outil de la qualité puisqu’il offre la possibilité d’une réflexion de groupe pour la résolution d’un problème, il peut également être utilisé comme un outil d’aide au diagnostique.

Exemple : défaut de fonctionnement sur une installation hydraulique.



Voir sur l’annexe 2 «Dépannage d’un système automatisé »

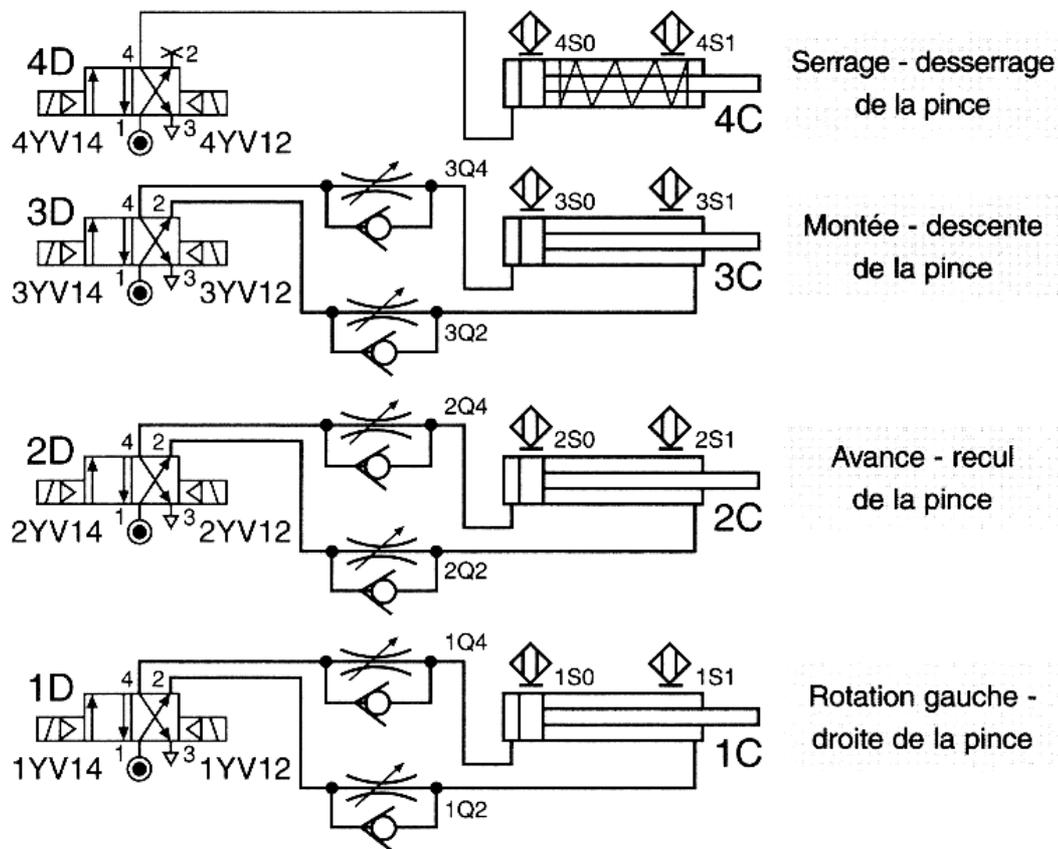
Exemple d'application:

Organigramme de dépannage d'un bras manipulateur

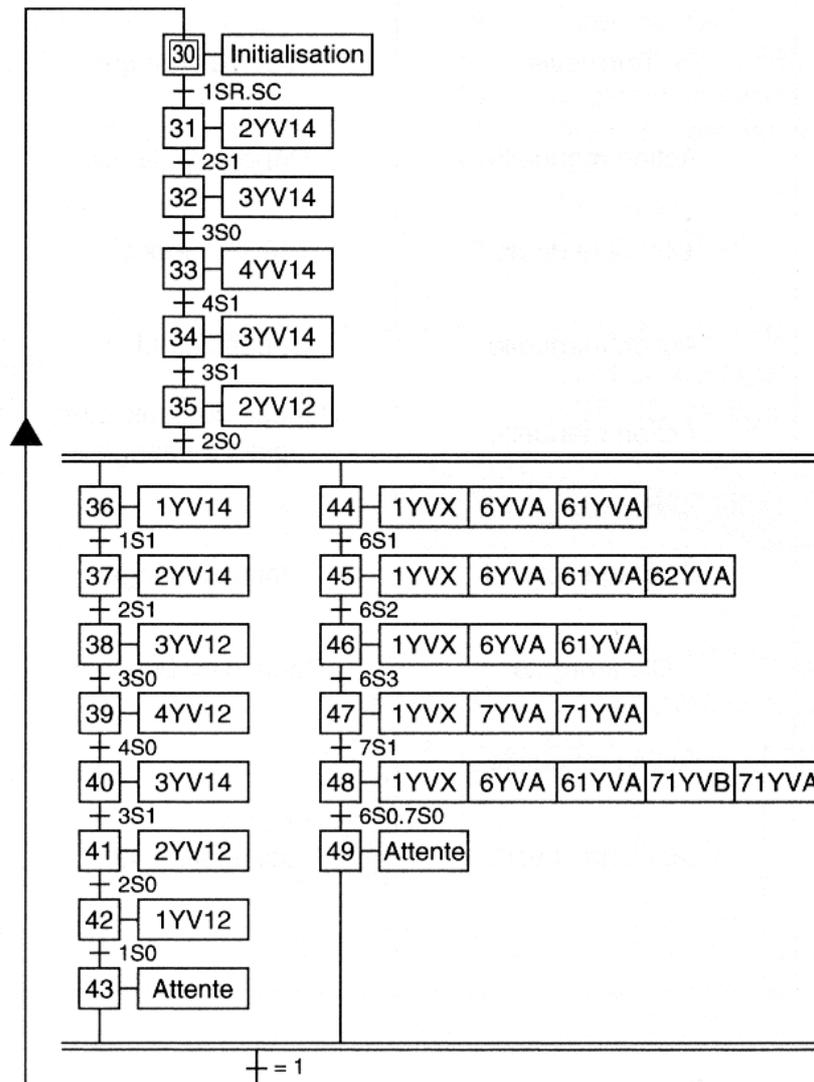
1. Descriptif de l'installation

Un bras manipulateur assure l'approvisionnement d'un système d'assemblage. Une presse hydraulique réalise l'assemblage de différents composants. L'ensemble est géré par un automate programmable TSX.17.

Schéma pneumatique du bras manipulateur



GRAFNET de point de vue commande



2. Maintenance

Pour préparer une intervention de maintenance corrective, le service ordonnancement a réalisé un organigramme de dépannage relatif au dysfonctionnement suivant :

- la montée de la pince ne s'effectue pas à l'étape 34 ;
- les énergies sont présentes ;
- la diode électroluminescente de visualisation de la sortie correspondante à cette étape est allumée.

3. Hypothèses

- Liaison automate – électrovanne 3YV14 défectueuse.
- Tiroir du distributeur 3D bloqué.
- Le vérin 3C est bloqué mécanique.
- Le réducteur de débit 3Q2 est dérégulé.
- La conduite d'alimentation du vérin 3C est bouchée (pincée).
- La conduite de retour du vérin 3C est bouchée (pincée).

4. Organigramme de dépannage

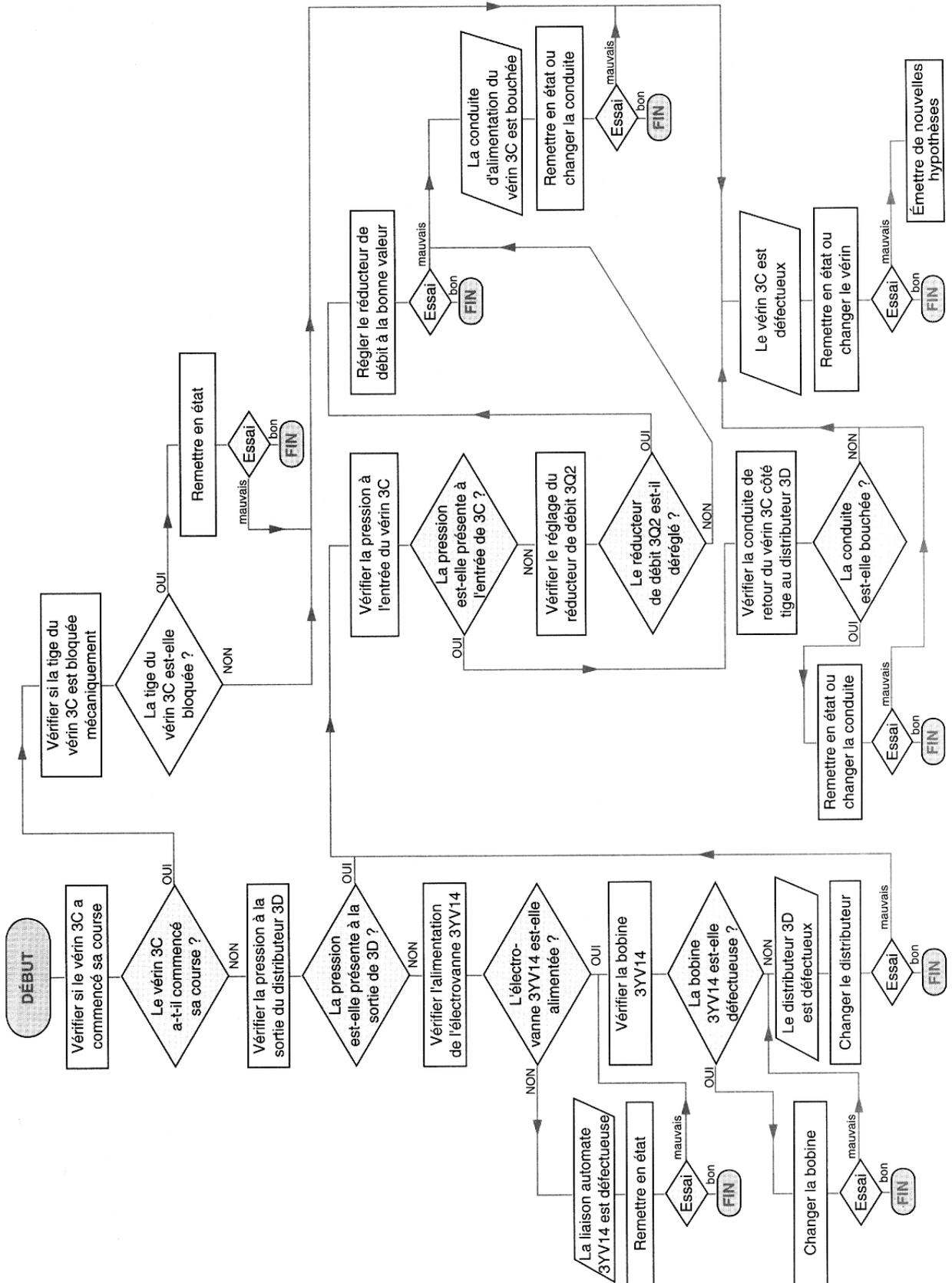
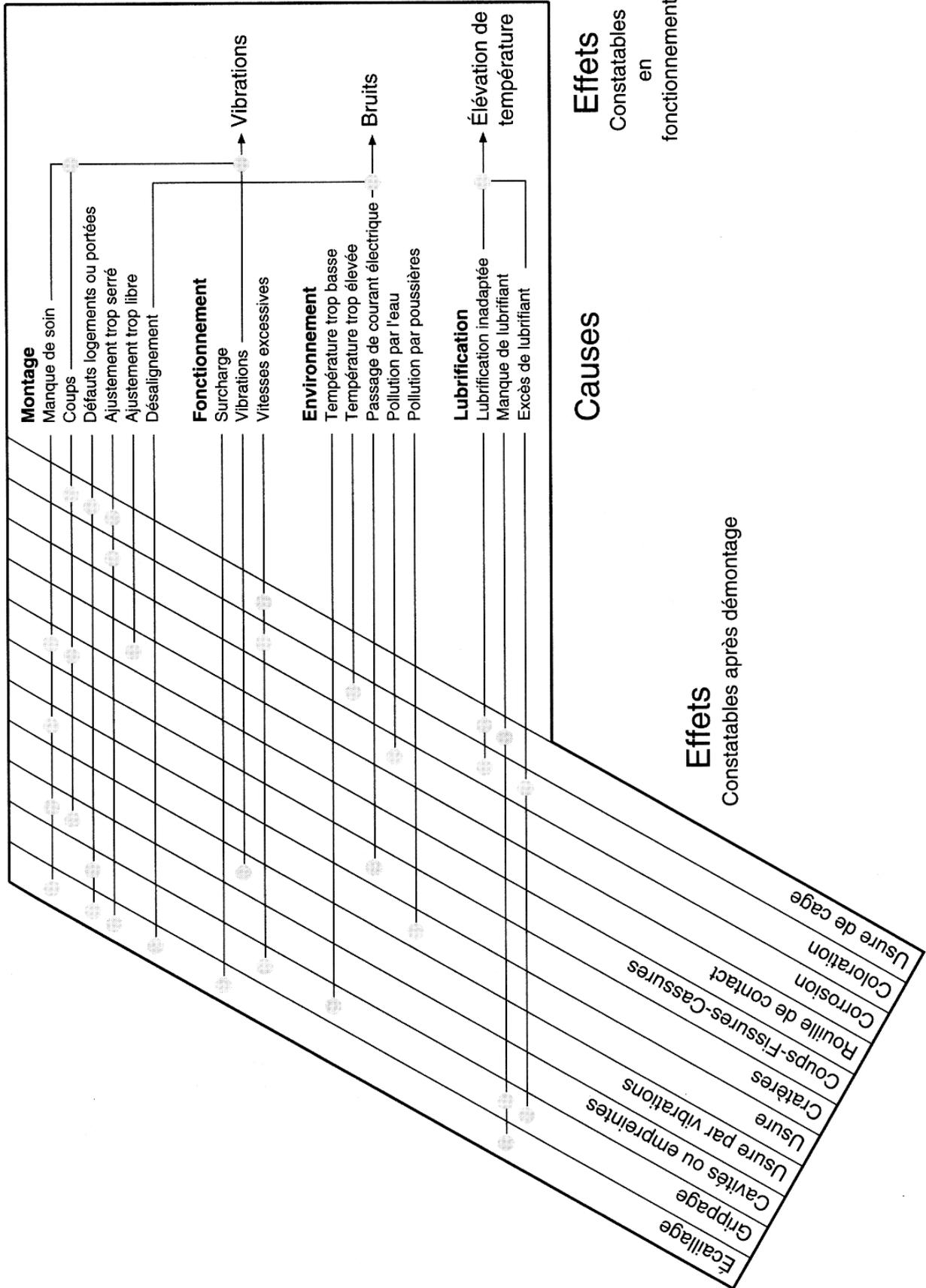


Tableau de diagnostic rapide



Exemple d'application :

Dépannage d'un système automatisé

1. S'informer

1.1 Au près de l'utilisateur

Interroger l'utilisateur sur les circonstances de la panne et vérifier l'exactitude de la défaillance, ce qui fonctionne et ce qui ne fonctionne pas.

1.2 Documentation

Se préoccuper :

- Le dossier technique de la machine ;
- L'historique des pannes, s'il existe, et vérifier si la panne s'est déjà produite ;
- Les procédures de dépannage ;
- Les procédures de réglage ;
- L'analyse fonctionnelle (GRAFCET, GEMMA, analyse systémique,...) ;
- Les schémas de câblage (électrique, pneumatique, hydraulique) ;
- Le dessin technique et la nomenclature, le schéma d'implantation du matériel.

2. Emettre des hypothèses

A partir des informations recueillies et de la documentation rechercher les causes ayant pu entraîner cette défaillance afin d'émettre des hypothèses.

3. Localiser

Avant toute intervention, consigner l'installation.

Vérifier les hypothèses émises afin de localiser l'élément défaillant.

L'agent de maintenance peut ordonnancer ces hypothèses suivant l'un des critères :

- la probabilité de la cause ;
- la facilité et la rapidité du contrôle.

4. Remettre en état

L'action de maintenance pour la remise en état peut se faire en suivant deux stratégies :

- la remise en état provisoire (dépannage) ;
- la remise en état de conformité de l'installation (réparation).

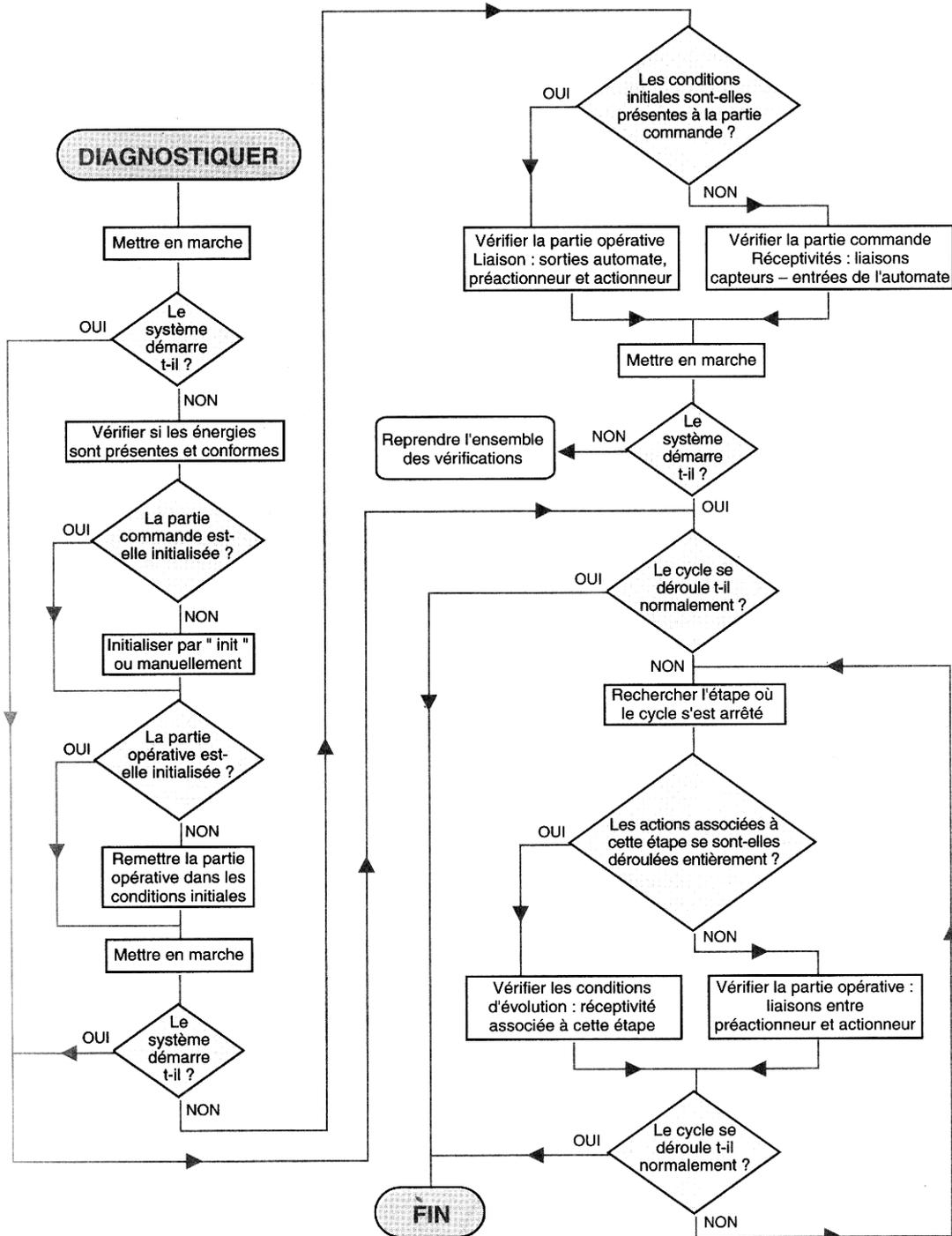
Le dépannage sera toujours suivi de la réparation.

5. Contrôler le fonctionnement

A l'aide de GEMMA vérifier les différents modes de marche et d'arrêt.

6. Rendre compte

Chronologie et diagnostic



Chapitre 5

Les pratiques industrielles

1. La gestion des stocks

Les entreprises utilisent souvent un système informatisé pour faire une gestion efficace des stocks. Il est très important de connaître en tout temps, avec une liste à jour, l'inventaire des pièces et de l'outillage disponibles.

Étant donné le grand nombre de pièces nécessaires pour réparer les multiples installations et équipements, il serait pratiquement impensable pour une usine, de nos jours, d'avoir un système de gestion des stocks sur papier. L'intérêt d'un système informatisé est qu'il est possible de transférer les informations au service d'entretien chargé de planifier la maintenance et de s'assurer que les pièces requises pour des entretiens planifiés ou d'urgence seront disponibles à temps.

De cette façon, il est possible de coordonner les activités de maintenance de façon à minimiser le temps de stockage d'une pièce avant son utilisation.

Codification

Étant donné la grande quantité de pièces à gérer, il importe de codifier soigneusement l'information afin de retrouver facilement une pièce le moment venu. Les pièces peuvent donc être répertoriées par numéro d'inventaire, type, nom, numéro de fabricant, manufacturier et équipements les utilisant. Les équipements sont eux-mêmes numérotés de façon à les identifier rapidement.

Généralement, l'utilisateur du réseau informatique peut chercher cette pièce soit par son numéro, son nom, son type, son manufacturier ou encore le numéro d'équipement auquel elle doit être attribuée. L'utilisateur doit donc spécifier au système informatique par quel chemin il entend faire sa recherche. Le but est de trouver le numéro d'inventaire de la pièce.

Une fois ce numéro de pièce retrouvé, il s'agit ensuite de consulter l'inventaire informatisé des pièces actuellement en magasin pour savoir combien il y en a qui sont disponibles. Souvent, en plus du nombre de pièces restantes, le système informatisé donnera quelques autres informations utiles:

- un numéro substitut d'une pièce équivalente dans une autre marque (ou autre manufacturier),
- la dernière date où cette pièce a été réclamée pour un entretien,
- les numéros d'équipements,
- les coordonnées du ou des fournisseurs,
- le nombre de pièces actuellement "réservées" pour des entretiens déjà programmés dans les semaines à venir.

Fréquence d'achat des pièces

Mentionnons que certains logiciels de gestion des stocks peuvent également déterminer quels sont: le moment, la quantité (et les délais requis) pour une pièce en particulier et ensuite "prévenir" le service des achats de passer la commande.

Il faut donc programmer dans le logiciel les équipements nécessitant la pièce en question et à quelle semaine de calendrier on prévoit en faire usage. En plus, la fiabilité de l'équipement entré au préalable permet au logiciel de juger combien de pièces en réserve supplémentaires on devrait avoir compte tenu de l'espace d'entreposage disponible, du coût de la pièce, de son délai habituel de livraison, du risque de devoir utiliser plusieurs pièces de ce type en même temps (en cas de bris simultané), etc. Le logiciel calcule en fonction de

réduire les coûts et de respecter une échelle de fiabilité en entrée au préalable. Ainsi, il est possible de “demander” au logiciel de commander plus fréquemment et en plus grande quantité une pièce jugée critique ou essentielle pour le fonctionnement de la ligne de production par exemple. Finalement, le travail suivant consisterait à entrer ce numéro d’inventaire à l’écran et interroger le système informatique à son sujet.

(Bon de commande – voir ANNEXE 1)

2. Bon de travail (BT)

Dans la gestion des interventions la planification et l’édition des bons de travaux BT ou des ordres de travaux OT occupent une place très importante.

Un bon de travail est le document édité pour chaque intervention après la réception d’une demande d’intervention DI dans le cas d’une maintenance corrective ou après l’écoulement d’une échéance dans le cas d’une maintenance préventive .

Il doit contenir toutes les informations nécessaires à la réalisation de l’intervention par exemple :

- La date et l’heure de l’intervention ;
- Précision de l’intervenant et sa qualification ;
- L’équipement sujet de l’intervention;
- Les pièces et la fourniture nécessaires et leurs quantités;
- Les mesures de sécurité à entreprendre ;

et autres.....

Au BT, en cas de nécessité, d’autres documents peuvent être joints : croquis , dessin , gamme d’intervention

La figure ci -dessous représente un BT type.

Bon de travail			N°
LIGNE	POSTE	DESTINATION	
DATE D'EMISSION	: le / /	à h	m
DATE SOUHAITEE D'EXECUTION	: le / /	à h	m
NOM DE L'EMETTEUR			
NOMS D'INTERVENANTS	MATRICULE	SPECIALITE	
.....	
.....	
TRAVAIL A REALIER (Schémas au verso si nécessaire)			
COMMENTAIRE / EXPLICATIONS (Schémas au verso si nécessaire)			

(Voir ANNEXE 2)

Remarque : Une fois l’intervention est réalisée un compte rendu (CR) est établi dans le quel les renseignements suivants doivent figurer :

- la date et la durée de réalisation.
- nom de l’intervenant.
- numéro de BT.

- statut du travail : réalisé, en cours, à pour suivre.
- les quantités des pièces de rechange de la fourniture utilisées.

Quand le compte rendu est visé par le responsable maintenance le Bt est alors validé et classé dans le dossier de l'équipement, les coût de l'intervention peuvent être traités soit par la service maintenance soit par le service de comptabilité suivant l'organisation de l'entreprise ou déduits automatiquement si la gestion est informatisée.

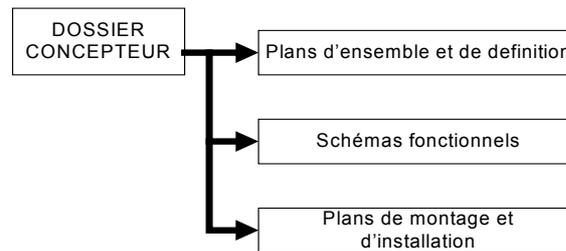
3. Suivi et mise a jour des dossiers

Chaque équipement dans l'entreprise doit posséder deux dossiers :

A. Dossier technique

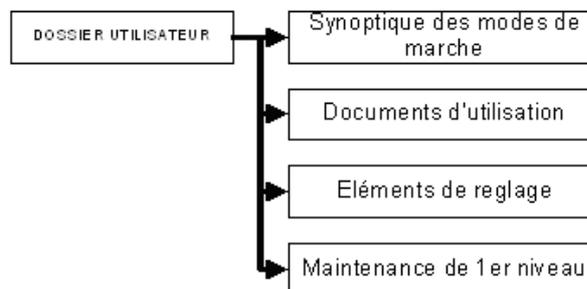
Suivant la norme NF X60-200 le dossier technique d'un équipement se compose de trois dossiers :

- Dossier constructeur : ce sont les documents établis par le constructeur lors de l'étude et de la réalisation des matériels.



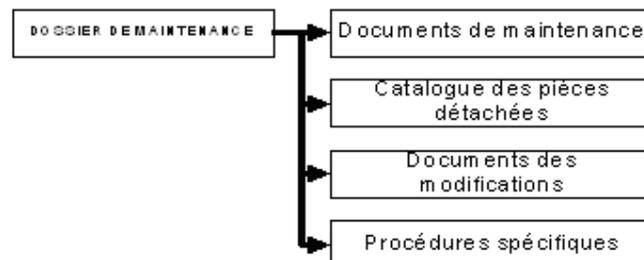
dossier constructeur

- Dossier utilisateur: ce sont les documents qui permettent l'utilisation du matériel : mode de marche, réglage, maintenance de 1^{er} niveau



dossier utilisateur

- Dossier maintenance: ce sont les documents qui permettent de maintenir, réparer, démonter, remonter tout ou partie du système.



dossier maintenance

Pour assurer un suivi du matériel (installation, fonctionnement, maintenance) le service maintenance doit disposer de l'ensemble de ce trois dossiers qui doivent être classés et répertoriés d'une manière identique à la codification du matériel.

(Voir ANNEXE 3)

B. Dossier historique

Le dossier historique permet de renseigner le service maintenance sur :

- les défaillances du système et leurs origines,
- le choix des indicateurs de maintenance préventive
- le coût des interventions
- les données nécessaires pour la définition de la politique de maintenance
- les opérations et le planning des interventions de maintenance préventive.

Il est constitué des documents suivants :

- planning des visites préventives,
- comptes rendus des visites préventives,
- rapport des interventions correctives,
- fiches de sortie des pièces de rechange,
- fiche de modification de matériel,
- rapports officiels d'expertises et de visites légales obligatoires,
- fiches d'inspection des matériels,
- fiche historique : document de synthèse regroupe les informations relatives aux travaux de maintenance préventive et corrective.

4. Le système de gestion de la maintenance informatisée

Avec l'avènement de l'ère informatique, les micro-ordinateurs sont présents dans presque toutes les sphères d'activité et, surtout, celles concernant la gestion. La maintenance industrielle ne fait donc pas exception à la règle. Étant donné le nombre grandissant d'équipements et d'aménagements présents dans les usines (et le nombre encore plus impressionnant de pièces différentes entrant dans la composition de ces derniers), il est presque impensable de gérer toutes ces données sur papier de façon efficace. C'est alors qu'un logiciel de gestion de la maintenance trouve toute son utilité.

Ces logiciels "surveillent les équipements et les aménagements" et indiquent, avec une grande précision, les renseignements utiles lorsqu'il y aura un entretien à faire le moment venu. Le très grand **avantage de ces logiciels est qu'ils permettent de partager les données (entrées au préalable dans le système) afin de rendre des services précieux tant pour générer des bons de travail, planifier un horaire d'entretien, optimiser la gestion de ces entretiens en effectuant des jumelages de tâches et en calculant au fur et à mesure les coûts, aider à maintenir l'inventaire de pièces et outillage à jour, optimiser le temps de stockage ou encore consulter des rapports très rapidement sans chercher de façon ardue, etc.**

Pour une usine de taille respectable, le partage et le transfert des données sont essentiels afin d'éviter les retards, les erreurs ou encore les omissions. Le logiciel de gestion de la maintenance permet d'intégrer toutes les facettes de la gestion de la maintenance et de tenir à jour toutes les données, en plus de diminuer énormément toutes les rédactions de données et les transferts d'information qu'il aurait fallu mettre sur papier (pertes, retards, erreurs d'acheminement, etc.).

Certains logiciels plus perfectionnés permettent même de modifier le "scénario prévu" lorsqu'un événement imprévu survient (bris d'un équipement essentiel, par exemple) et recalculent tous les paramètres afin de modifier l'horaire d'entretien puis d'optimiser ce dernier. Cette tâche, sur papier, aurait été presque infaisable dans des délais acceptables. Voilà tout l'avantage de cette nouvelle façon de gérer.

Une gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO) :

- c'est un outil de contrôle, de planification et d'information pour répondre aux problèmes d'opération et de gestion: les horaires de l'entretien, de la formation des employés, de la disponibilité des pièces et des outillages.
- elle permet également une meilleure visibilité des travaux qui ont été, sont ou vont être faits. elle élimine les erreurs de communication car toutes les informations sont écrites, fiables et disponibles pour tous les usagers du réseau informatique, à tous les niveaux.
- elle facilite grandement l'intégration de toutes les facettes de la gestion de la maintenance: pour la gestion des ressources humaines, matérielles, du temps, de la priorité des activités, voire même de l'administration.
- elle permet d'enrayer les erreurs de planification, les temps d'attente, les délais de livraison, l'attente de pièces et les temps morts associés à un accès à l'outillage (magasin) parfois trop lent.
- elle permet également de bien distinguer les disponibilités actuelles et futures des ressources et de planifier, en tenant compte de ces dernières, le meilleur horaire (ou calendrier) d'entretien qui soit.

Les avantages de ce système :

- Il peut composer avec de nouvelles données imprévues et optimiser, de nouveau, les paramètres afin de produire un nouvel horaire en tenant compte des changements.
- Il peut faciliter le repérage des pièces, des équipements et des historiques.
- Il peut transmettre toutes les données au service de l'administration afin de tenir à jour les coûts reliés à l'entretien et permettre d'avoir toujours des relevés statistiques fiables. Ainsi, lors de l'achat d'un nouvel équipement, une banque de données bien organisée sera d'une aide précieuse pour estimer les coûts éventuellement reliés à cet équipement et prévoir les budgets en conséquence.

La GMAO permet

- d'agencer tous les critères et les paramètres ;
- de générer des bons de travail clairs et précis, de les emmagasiner en mémoire, de les classer puis de les traduire sous forme de rapports, graphiques et tableaux comparatifs.

Ainsi, en un rien de temps, on peut savoir combien a coûté un équipement particulier en entretiens préventif et curatif (correctif) jusqu'à maintenant et de pouvoir "évaluer" l'entretien préventif à une valeur optimale par rapport à l'entretien curatif, car l'entretien préventif à outrance coûte cher !

Questions récapitulatives

1. Quelle est l'utilité d'avoir un bon système de gestion des stocks pour un service d'entretien ?
2. *Nommez un moyen de diminuer les pertes de temps et les erreurs en ce qui concerne la manutention de pièces et leur rangement dans un magasin ?*
3. *Qu'est-ce qu'un bon de travail, que renferme-t-il et quel est l'avantage de l'utiliser pour un service d'entretien ?*
4. *Quel est le rôle du superviseur de l'entretien en regard des bons de travail ?*

Chapitre 6

Sécurité

1. Lexique

Accident du travail :

« Est considéré comme accident du travail , quelle qu'en soit la cause , l'accident survenu par le fait ou à l'occasion du travail à toute personne salariée ou travaillant , à quelque titre que ce soit pour un ou plusieurs employeurs ou chefs d'entreprise »

Cette définition est complétée par trois précisions : l'accident est caractérisé par l'action violente et soudaine d'une cause extérieure provoquant au cours du travail une lésion de l'organisme humain ou la mort.

Maladie professionnelle :

Une maladie est professionnelle si elle est la conséquence directe de l'exposition d'un travailleur à un risque physique, chimique, biologique, ou résulte des conditions dans lesquelles il exerce son activité professionnelle.

Risque :

Combinaison de la probabilité et de la gravité d'une lésion ou d'une atteinte à la santé pouvant survenir dans une situation dangereuse.

Situation dangereuse :

Toute situation dans la quelle une personne est exposée à un ou plusieurs risques dangereux.

Sûreté de fonctionnement :

Ensembles des aptitudes d'un bien permettant de remplir sa fonction, au moment voulu, pendant la durée prévue, sans dommage pour lui-même et son environnement. La sûreté de fonctionnement se caractérise généralement par quatre paramètres :

- la fiabilité ;
- la maintenabilité ;
- la disponibilité ;
- la sécurité.

Consignation :

C'est l'ensemble des dispositifs permettant de mettre et de maintenir en sécurité une machine, un appareil ou une installation de façon qu'un changement d'état (remise en état de marche, fermeture d'un circuit électrique, ouverture d'une vanne...) soit impossible soit l'action volontaire de tous les intervenants.

Déconsignation :

C'est l'ensemble des dispositions permettant de remettre en état de fonctionnement une machine, un appareil ou une installation préalablement consignés, en assurant la sécurité des intervenants et des exploitants.

Intervenant :

Un intervenant est chargé de réaliser des travaux prédéfinis. Ce peut être soit une personne soit une équipe réduite, comprenant un chef d'équipe ou un chargé de travaux en permanence sur le chantier.

Chargé de consignation :

Un chargé de consignation est une personne compétente désignée par le chef d'entreprise pour effectuer la consignation et la déconsignation d'une installation et qui est chargée de prendre ou de faire prendre les mesures de sécurité qui en découlent.

2. Procédures de consignation

Pour maintenir une situation en sécurité la consignation d'une machine, un appareil ou une installation doit comporter quatre phases :

1. Séparation ;
2. Condamnation et signalisation ;
3. Dissipation ou rétention / confinement ;
4. Vérification et identification.

La séparation et la dissipation doivent se faire au plus près de la zone d'intervention afin de faciliter les vérifications.

La dissipation consiste à éliminer toutes les énergies potentielles et résiduelles ou à évacuer les produits dangereux (élimination d'une pression, vidange d'une canalisation contenant un produit corrosif...). Dans le cas où l'élimination n'est pas possible, on peut recourir à la rétention ou à la confinement des énergies : calages mécaniques d'une masse suspendue, par exemple.

La vérification de l'absence de tension, de pression, ... doit être considérée comme un travail sous tension, en pression...

L'analyse des risques doit permettre de déterminer le contenu et l'ordre des opérations de déconsignation. C'est le chargé de consignation qui a pour rôle de recevoir les dispositifs de condamnation restitués par les différents intervenants à la fin de leur travail.

Tableau de synthèse des procédures de consignation

Phase de consignation	Nature de risque		
	Electrique	Chimique	Mécanique
Séparation	Mise hors tension de tous les circuits de puissance et de commande de façon pleinement apparente, y compris les alimentations de secours.	Suppression des arrivées de tous les fluides ou solides de façon pleinement apparente, y compris les circuits auxiliaires.	Coupage de la transmission de toutes les formes d'énergie de façon pleinement apparente, y compris secours et accumulateurs d'énergie.
Condamnation Signalisation	Verrouillage par un dispositif matériel difficilement neutralisable, dont l'état est visible de l'extérieur, réversible uniquement par un outil spécifique personnalisé pour chaque intervenant Information claire et permanente de la réalisation de la condamnation.		

Dissipation	Mise à la terre et en court-circuit des conducteurs. (opération à réaliser après la vérification).	Vidange, purge, nettoyage. Elimination d'une atmosphère inerte ou dangereuse.	Mise au niveau d'énergie le plus bas par : - arrête des mécanismes y compris les volants d'inertie, - mise en équilibre mécanique stable ou à défaut calage mécanique, - mise à la pression atmosphérique.
Rétention confinement	Décharge des condensateurs.	Ventilation.	Absence d'énergie : - tension, - pression - mouvement.
Vérification	Absence de tension entre tous les conducteurs y compris le neutre et entre eux et la terre. Eventuellement balisage des zones dangereuses résiduelles.	Absence de : - pression, - écoulement. Contrôle spécifique (atmosphère, pH..)	
Identification	Elle a pour but de s'assurer que les travaux seront effectués sur l'installation et l'équipement consigné. Pour cela, les schémas et le repérage des éléments devront être lisibles permanents et à jour.		

3. Exemple : Interventions du domaine basse tension

Définition

Action dont le but est de remédier rapidement à un défaut d'ordre électrique susceptible de nuire à la sécurité du personnel ou au fonctionnement normal d'un équipement.

Modalités :

- **Habilitation** – le personnel doit être habilité **BR** au moins et ne peut intervenir qu'après accord du chargé d'exploitation.
- **Sécurité** – zone limitée, emplacement du travail dégagé, travailler sur un matériel isolé tel que tabouret ou tapis.
- **Matériel adapté** – gants isolants, pas d'objets métalliques tels que bracelets ou chaînes, outils isolés, appareils de mesure adaptés et en tous état.

Intervention de dépannage

Cette opération se découle suivant trois phases :

- Recherche et location de défaut : elles peuvent se faire sous tension ;
- Elimination du défaut, remplacement de l'élément défectueux : ils doivent se faire hors tension ;
- Réglage et vérification du fonctionnement : ils doivent se faire sous tension.

Intervention de connexion

Le branchement et / ou le rebranchement de conducteurs sous tension ou hors tension n'est autorisé que pour des sections au plus égales à :

- **mm² pour les circuits de puissance ;**
- **10 mm² pour les circuits de contrôle ou de mesurage.**

Remplacement d'appareils

- Le remplacement de **fusible BT** ne doit se faire que **hors tension** et après avoir éliminé le défaut, sauf dans le cas d'un fusible permettant d'assurer la sécurité du personnel ;

- Le remplacement des **lampes** et des **accessoires d'éclairage BT** peut se faire **sous tension** si l'appareil est **débrochable** : dans le cas contraire, l'opération doit se faire hors tension.

Consignation électrique

Définition

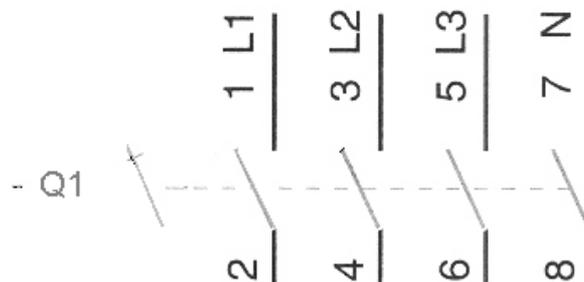
Suite d'opérations conduisant à la mise hors tension d'une installation ou d'un équipement en vue d'y effectuer des travaux ou des interventions en toute sécurité.

La consignation nécessite le respect de l'intégralité des règles de bases décrites.

Règles de base

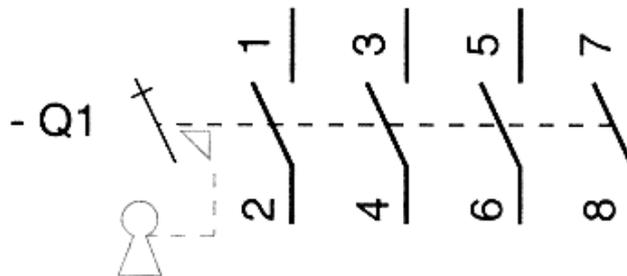
- Séparation**

D'avec toute source possible de tension ; cette séparation effectuée de façon pleinement apparente est vérifiée soit par l'ouverture visible des contacts (HT), soit par la position du dispositif la matérialisant de façon sûre (BT ou HT).



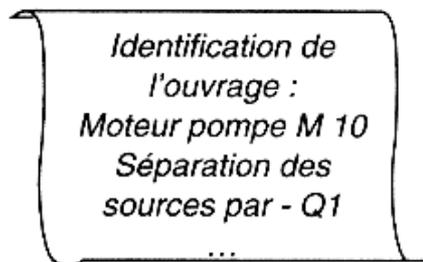
- Condamnation en position d'ouverture**

De tous les appareils de séparation par l'intermédiaire desquels l'installation ou l'équipement pourrait être remis sous tension.



- Identification de l'ouvrage**

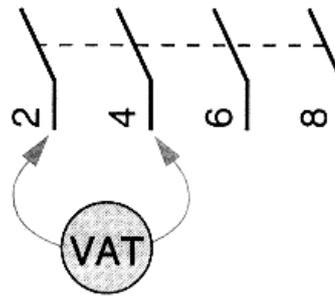
Elle a pour but de s'assurer que les travaux seront bien effectués sur l'ouvrage séparé.



- Vérification de l'absence de la tension**

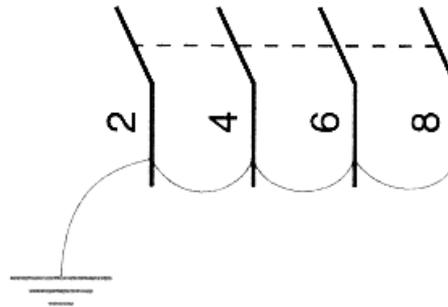
Sur chaque conducteur immédiatement en aval du ou des points de séparation. Le VAT (Vérification d'Absence de Tension) doit être faite sur tous les conducteurs, y compris le neutre.

VAT :
 2 - 4. 2 - 6.
 2 - 8. 4 - 6.
 4 - 8. 6 - 8.



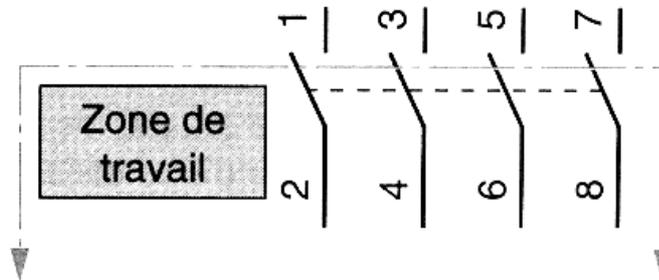
- **Mise à la terre et en court-circuit**

De chacun des conducteurs entrant dans la zone à protéger ; cette règle n'est pas toujours nécessaire en BT. Elle doit être réalisée de part et d'autre de la zone de travail sur tous les conducteurs y compris le neutre.



- **Délimitation matérielle de la zone du travail**

Et, si nécessaire, mise en place d'écrans de protection interdisant l'approche des parties restant sous tension.



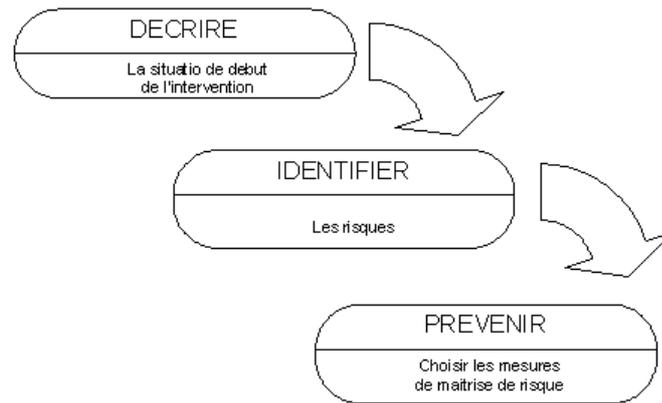
4. Conclusions : Maintenance et sécurité

L'activité industrielle, au travers des moyens matériels et des procédés qu'elle met en œuvre mais également des personnes qui y sont associés, génère des risques nombreux et variés pour les individus (risques de lésions ou atteinte à la santé), mais également pour les biens et l'environnement (risques de détérioration ou de destruction, pollution).

Les intervenants lors des réalisations des tâches de maintenance se trouvent dans des situations variées c'est pour cela ils doivent être capable, dans une situation donnée, de mettre en œuvre une méthodologie (démarche) d'analyse d'accidents, avant et après l'intervention.

Les trois phases de la démarche

La démarche adoptée comprend trois phases : décrire, identifier et prévenir :

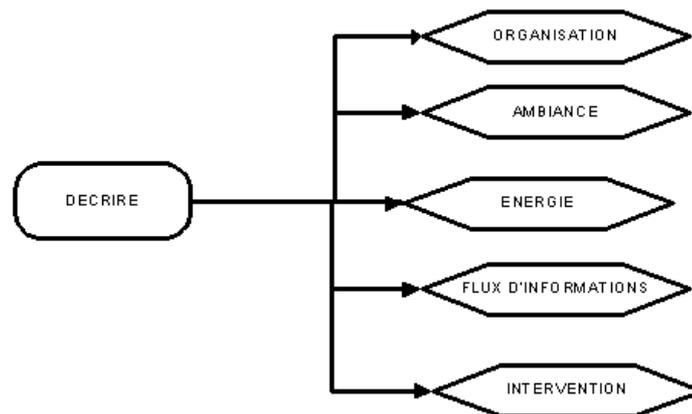


a) Décrire

Ici on décrit la zone à l'intérieur de laquelle s'effectuera l'opération de maintenance, c'est **la zone d'intervention**.

Zone d'intervention : zone dans laquelle peuvent se trouver le et mes opérateurs de maintenance pour effectuer tout ou partie des opérations liées au travail à effectuer, elle peut comprendre d'autres zones disjointes.

Pour faciliter la description de la situation on va se limiter à cinq domaines regroupant les éléments ayant une incidence sur la sécurité :



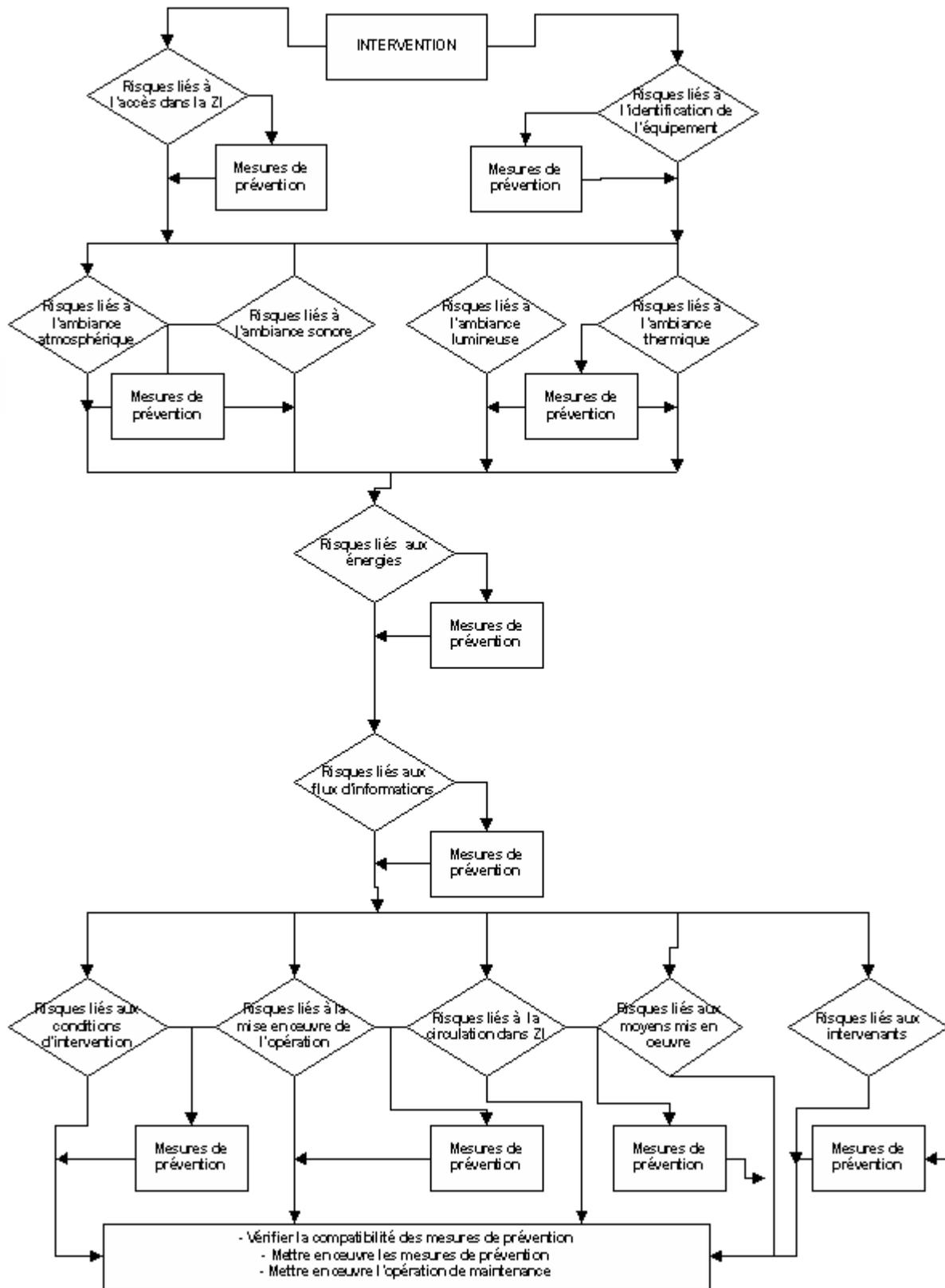
- 1^{er} domaine : L'ORGANISATION - Déterminer la zone et son accès et identifier l'équipement cible.
- 2^{eme} domaine : L'AMBIANCE - Préciser les types d'ambiance de la zone d'intervention : ambiance lumineuse, thermique, atmosphérique, et sonore.
- 3^{eme} domaine : ENERGIE - Ce domaine regroupe toutes les formes d'énergie présentes dans la zone d'intervention utilisées ou non : énergie électrique, hydraulique, mécanique, chimique ou énergie de rayonnement.
- 4^{eme} domaine : FLUX D'INFORMATIONS. Il s'agit des flux d'informations entrants ou sortants de la zone d'intervention qui précisent les risques que présente l'évolution du système avec les opérations de la maintenance et avec les autres systèmes.
- 5^{eme} domaine : INTERVENTION

L'opération de maintenance peut présenter des risques liés au système et à son voisinage, aux intervenants et aux moyens utilisés.

b) Identifier les risques présents dans la zone d'intervention.

c) Prévenir prendre les mesures de protection adéquates.

En appliquant la démarche générale sur les cinq domaines on peut tracer un organigramme général d'organisation d'une intervention comme le montre la figure23.



Organigramme général

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

TRAVAUX PRATIQUES

TP1: Les conditions d'application de la maintenance**Questions d'analyse et de réflexion :**

1. Pourquoi la maintenance est-elle une fonction importante au sein d'une entreprise ?
Comment influence-t-elle la gestion de cette dernière ?
2. Quelle considération dicte principalement les conditions d'application de la maintenance de nos jours ? Pourquoi ?

TP2: Les rôles d'un département de maintenance**Questions d'analyse et de réflexion :**

1. Comment un service d'entretien peut-il agir en tant qu'expert - conseil auprès de la direction de l'entreprise?
2. Quelle est, d'après vous, la fonction essentielle (primaire) qui doit être remplie par le service d'entretien?
3. Quelle est, d'après vous, la fonction qui serait la plus facile à déléguer à un autre service?

TP3: Les types d'organisation d'un département de maintenance**Questions d'analyse et de réflexion**

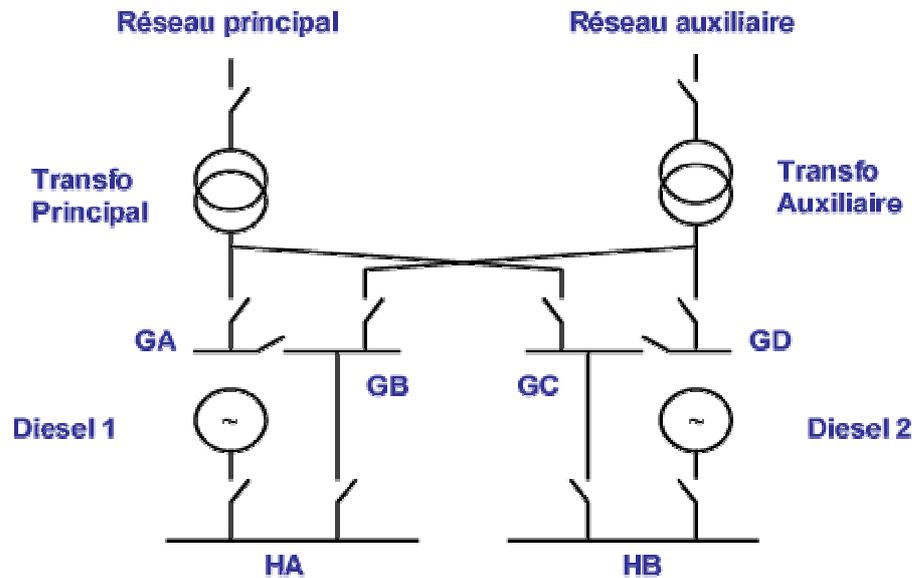
1. Pourquoi serait-il difficile d'implanter un type d'organisation répartie ou décentralisé dans une grande entreprise comprenant beaucoup d'employés et d'installations ou d'équipements localisés dans des bâtiments différents?
2. Quelles considérations dictent le type d'organisation du service de maintenance choisi par l'entreprise ?

TP4: Évaluation de l'avantage de la maintenance préventive versus la maintenance curative**Questions d'analyse et de réflexion**

1. Quelles considérations dictent le type de maintenance choisi pour un équipement coûteux récemment acquis ?
2. Pourquoi déciderait-on de ne pas appliquer une maintenance systématique (préventive) face à un équipement ?

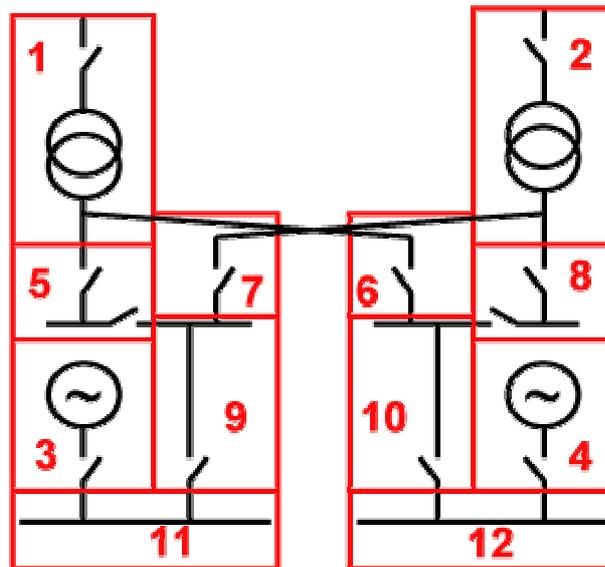
TP5 : Étude d'une alimentation électrique

Une alimentation électrique fonctionne selon le schéma suivant :



L'alimentation électrique fonctionne correctement si l'un des deux jeux de barre HA ou HB est sous tension.

Le système peut être décomposé en 12 macro-éléments représentés sur le schéma ci-joint.



1) Déterminer le diagramme de fiabilité de l'alimentation électrique. Puis en déduire les chemins de succès et les coupes minimales.

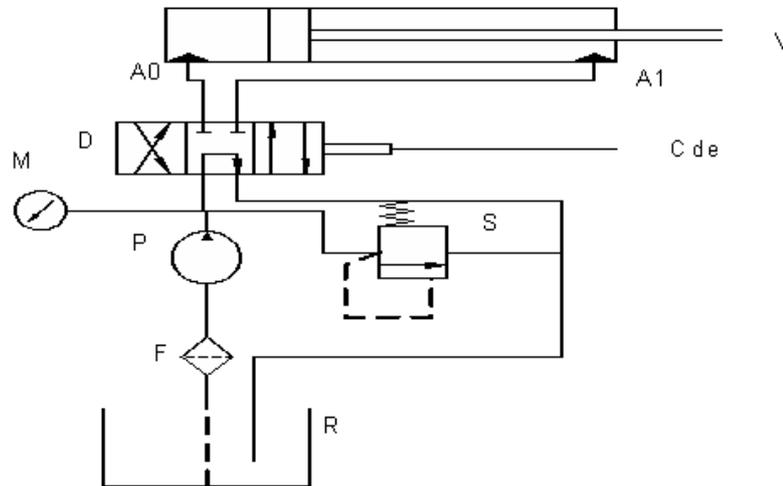
2) Les deux réseaux (principal et auxiliaire) peuvent tomber en panne ensemble par suite d'un orage par exemple. Ceci est une panne de mode commun qui nécessite la représentation d'un élément fictif n°13.

Comment sont modifiés le diagramme de fiabilité, les chemins de succès et les coupes minimales ?

TP 6 : Traçage d'un diagramme Ishikawa

Une centrale hydraulique composée de : vérin V, distributeur D à commande Cde, pompe P, manomètre M, soupape de sûreté S, filtre F, réservoir R et de tuyauterie et raccordement T. voir figure ci-dessous.

Défaillance : le vérin ne fonctionne plus.



Central hydraulique

Tracer le diagramme d'Ishikawa correspondant.

TP7 : Méthode ABC

Dans une entreprise industrielle, le responsable d'entretien a enregistré sur une période d'une année le nombre de pannes et les temps d'arrêt par panne, pour chacun des types de matériels de l'entreprise .

Le responsable charge un de ses adjoints de l'organisation des méthodes de réparation qui devra porter en priorité sur les matériels qui ont le plus grand temps d'arrêt demandant le plus de temps d'intervention.

Le tableau suivant donnera les temps d'arrêt pour chaque type .

Type de matériel	Nombre de pannes	Temps moyen/panne h
Chaudière	25	05
Compresseur CO ₂	10	03
Compresseur NH ₃	07	02
Tours	11	01
Vannes automatiques	05	02
Moteurs électriques	30	20
Compresseurs d'air	09	05
Vannes manuelles	10	05
Pompes centrifuges	50	11
Purgeur	13	01
Réducteur de vitesse	06	2

Déterminer la priorité par la méthode de Pareto.

TP8 : Plan d'aménagement

Faire le plan d'aménagement de l'atelier électrique où se déroulent vos travaux pratiques.

En analysant les documents de l'annexe 4 vérifier la justesse de l'aménagement qui existe.

Si l'installation des différents aménagements et équipements ne respecte pas les normes légales réaliser un nouveau plan d'aménagement et argumenter vos solutions.

TP9 : Plan d'entretien

En utilisant les documents de l'annexe 5 et du module « Gestion de la maintenance » réaliser le plan d'entretien préventif d'une machine, d'un équipement ou d'une installation de l'atelier électrique.

ANNEXE 1 – Bon de commande

BON DE COMMANDE

ABC123 Co.
2220 Dolfer
Starlington F40235
Essex county, England
tel (206)573.4456
Fax (206)573.5588

À: **BG Compresseurs**
8080 Ligier
Starlington F40652
Essex county, England
tel. (206) 566.2323 Fax 566.7777

INSTRUCTIONS AU FOURNISSEUR

Commandé par: M. Bern
Date de commande

No de bon de commande: **88345**
04-11-23
FAB
Expéd. via:
04-12-01
Expéd. Partielle permise: nil
Net 30
Expéd. Ulérieure permise: nil

Date requise:

Termes-Paiement:
FAB

EXPÉDIÉ À:

Nom: dept. Garage
Compagnie: ABC123 Co
Adresse: 2220 Dolfer
Ville: Starlington Province/état: Essex ct.
Pays: England Code postal: F40235

NO.ITEM	QTÉ. PRIX UNITAIRE	DESCRIPTION TOTAL	ITEM
CP344-09	1 1300.00	Compresseur à piston Ingersoll-Rand 1,300.00 Model D22 3Hp 1800RPM	

AUCUNE SUBSTITUTION-

Veillez inclure ce numéro de bon de commande dans toute correspondance.
SVP Avez si cette commande ne peut être remplie à temps.

		Sous-total: 1300.00	
taxe:10%		Taux- 130.00	
	Expédition et manutention:	150.00	
		Autres coûts: <u>65.00</u>	
		Montant 1,645.00	Total:

USAGE INTERNE SEULEMENT

Commandé par: M.Bern Département: Garage
Approuvé par: S. Stuart Date d'approbation: 94/12/01
Date reçue: 94/12/01
En bon état: ok Si non, procédez:
Commentaires: non-assemblé

ANNEXE 2 - Bon de travail

Date: 07-01-10 Heure : 9h45

Page : 1 / 2

Semaine actuelle: 02

Classe : Mécanicien C1

Assigné à : Abdelkrim, M.

PREVENTIF (CALENDRIER)

No Bon de travail : DR970110 Fréquence: 1.00

dernier entretien : 06-08-25

Priorité : + 2 semaines

Semaine requise: 02

No équipement : MN-EN-RBT1 Robot No1 Magasin**Sous-ensemble : MEC.****Groupe : MOTORED. No1****QT : 1.00 UNITÉ**

Département : Magasin

Fabricant : INCON

No série : 95-03004-B-31

Modèle : INCON-S100

Type : Worm Gear/vis

Localisation : Magasin _____

S-loc _____ entrepôt

Étage : RC Aile : Ouest

>>>No compte : RBT-MC-1001-99

Hp : 5 RPM : 1800

Distribut. : Équipements mécaniques ACME tel.(514) 577-8169

Contrôle du produit: Huile synthétique DEXTRON SYNTH VG32

Date de fin de garantie : 99-03-31 moteur et réducteur

Spécifications:

MOTEUR: BALDOR Série 8000 5Hp, 600 V/3PH/60 - 15 Amps TEFC56

RÉDUCTEUR: INCON-S100 wormgear/vis 2.5 Dia arbre sortie

ROULEMENTS: Mot:SKF6302-2LU-Z QT:2;Réd.:SKF6302-2LU-Z QT:2,SKF6305-2LU-Z QT:2

LUBRIF : ISO VG32 SYNTH

Remarque: avertir le département *Ingénierie et méthodologie...***Tâche: code 6789****Vérification/remplacement des roulements - groupe motoréducteur****Description:**

<OBSERVATION>

1 - [] VÉRIFIER L'INTÉGRITÉ DU SYSTÈME EN FONCTIONNEMENT

ANORMALITÉS[] BRUITS[]

VIBRATIONS[] TEMP[]

<SECURITÉ>

2 - [] METTRE LE DÉMARREUR EN POSITION ARRÊT ET CADENASSER LE DISJONCTEUR

<ACTION>

3 - [] DRAINAGE DU GROUPE MOTORÉDUCTEUR SELON INSTRUCTIONS I-MR125

4 - [] DÉMONTAGE DU GROUPE MOTORÉDUCTEUR SELON INSTRUCT. I-MR106

5 - [] DÉMONTAGE DES ROULEMENTS SELON INSTRUCTIONS I-RO112

6 - [] NETTOYAGE DU GROUPE MOTORÉDUCTEUR SELON INSTRUCTIONS I-MR131

7 - [] REMONTAGE DES ROULEMENTS SELON INSTRUCTIONS I-RO113

8 - [] REMONTAGE ET ALIGNEMENT DU GROUPE MOTORÉDUCTEUR SELON
INSTRUCTIONS I-MR107

9 - [] LUBRIFICATION DU GROUPE MOTORÉDUCTEUR SELON INSTRUCTIONS I-MR126

0-attention immédiate (rapporter)**1-bon de travail requis****2-réparation faite****3-Normal**

Date: 07-01-10 Heure : 9h45

Page :2/2

Semaine actuelle: 02

Classe : Mécanicien C1 Assigné à : Abdelkrim, M.

PREVENTIF (CALENDRIER)

No Bon de travail : DR970110 Fréquence: 1.00

dernier entretien :06-08-25

Priorité : + 2 semaines

Semaine requise: 02

Description: (SUITE)

<INSPECTION>

- 10 - [] VÉRIFIER LE MOTORÉDUCTEUR
 - [] VÉRIFIER LA SOLIDITÉ DU MONTAGE
 - [] NETTOYER ADÉQUATEMENT
 - [] VÉRIFIER JOINTS ÉTANCHES (REPLACER SI NÉCESSAIRE)
 - [] VÉRIFIER ÉTANCHÉITÉ DES GARNITURES (REPLACER SI NÉCESS.)

<ACTION>

- 11 - [] ENLEVER CADENAS SUR DISJONCTEUR ET REMETTRE LE DÉMARREUR EN POSITION MARCHE

- 12 - [] REMISE EN SERVICE DE L'ÉQUIPEMENT

<OBSERVATION>

- 13 - [] VÉRIFICATIONS À L'ANALYSEUR DE VIBRATION EN FONCTIONNEMENT

- [] ROULEMENTS DU MOTEUR [] ROULEMENTS DU RÉDUCTEUR

- 14 - [] VÉRIFICATION FINALE DE L'INTÉGRITÉ DU SYSTÈME EN FONCTION.

ANORMALITÉS[] BRUITS[]

VIBRATIONS[] TEMP[]

<ACTION>

- 15 - [] COMPLÉTER BON DE TRAVAIL ET RAPPORTER ANOMALIES AU SUPERV.

Liste des outils

>GANTS ET LUNETTES DE SÉCURITÉ<

ANALYSEUR DE VIBRATION

COFFRE MÉCANIQUE

COFFRE D'ALIGNEMENT

COFFRE ÉLINGAGE

PINCE AMPÈREMÉTRIQUE

EXTRACTEUR À ROULEMENT

CHAUFFE-ROULEMENT ET THERMOMÈTRE

Description	Liste des pièces		No Invent.
	QT	UNIT.	
1) MN-EN-RBT-MC-MR1-RO1,RO2- ROULEMENT SKF6302-2LU-Z	2		Unité
2) MN-EN-RBT-MC-MR1-RO3,RO4- ROULEMENT SKF6302-2LU-Z	2		Unité
3) MN-EN-RBT-MC-MR1-RO5,RO6- ROULEMENT SKF6305-2LU-Z	2		Unité
LUB - LUBRIF : ISO VG32 SYNTH	6	MN-EN-RBT-MC-MR1-	Litre
SK - ENSEMBLE JOINTS ÉTAN**	1	MN-EN-RBT-MC-MR1-	Unité

Commentaires/réparations : temps/intervention

** EN OPTION

dernière lecture au compteur Hr : 3551 valeur actuelle Hr : _____

D'O.	\$ Matériel	Date compl. Action	No employé		Temps M-
			Signature		
____	____	____	____	____	____
____	____	____	____	____	____

0-attention immédiate (rapporter) 1-bon de travail requis 2-réparation faite 3-Normal

ANNEXE 3

DOSSIER-ÉQUIPEMENT

No équip.: GA-COMP-COMP compresseur Département : Garage Fabricant : Ingersoll-Rand No série : C3434-m34
 Modèle : D22 Type : piston Localisation : Garage S-loc Salle Comp. Étage : RC Aile : ----
 Hp : 3 RPM : 1800 Distribut. : BG Compresseurs tel.(206)566.2323
 Contrôle produits: Huile SAE 20, AIR SOUS PRESSION Date de fin de garantie : 2001-10-30 moteur & compresseur
 Spécifications: MOTEUR: Leeson M1000 3Hp, 220 V/1PH/60 - 15 Amps COMPRESSEUR: Ingersoll-Rand D22 , 3Hp
 ROULEMENTS: Mot:SKF6302-2Z QT:2; Comp.:SKF6305-2LU QT:2 LUBRIF : SAE 20 Huile moteur

HISTORIQUE

No équip.: GA-COMP-COMP compresseur Département : Garage Fabricant : Ingersoll-Rand No série : C3434-m34
 Modèle : D22 Type : piston Localisation : Garage S-loc Salle Comp. Étage : RC Aile : ----
 Hp : 3 RPM : 1800 Distribut. : BG Compresseurs tel.(206)566.2323
 Contrôle produits: Huile SAE 20, AIR SOUS PRESSION Date de fin de garantie : 2001-10-30 moteur et compresseur
 Spécifications: MOTEUR: Leeson M1000 3Hp, 220 V/1PH/60 - 15 Amps COMPRESSEUR: Ingersoll-Rand D22 , 3Hp
 ROULEMENTS: Mot:SKF6302-2Z QT:2; Comp.:SKF6305-2LU QT:2 LUBRIF : SAE 20 Huile moteur

CALENDRIER

dernier entretien : 96-11-25 Semaine: 14 No Bon de travail : DR96112512

Tâche: code 6789 Vérification/remplacement des roulements lecture compteur Hr : 3551 No compte : COMP-MC-1001-99

entretien : 96-08-25 Semaine: 02 No Bon de travail : DR96082519

Tâche: code 6785 Vérification/remplacement des joints étanches lecture compteur Hr : 3380 No compte : COMP-MC-1001-99

entretien : 96-07-22 Semaine: 49 No Bon de travail : DR96072213

Tâche: code 3465 Vérification/isolation moteur lecture compteur Hr : 3154 No compte : COMP-EL-1001-99

entretien : 96-06-05 Semaine: 42 No Bon de travail : DR96060508

Tâche: code 6680 Vérification/remplacement lubrifiant lecture compteur Hr : 2980 No compte : COMP-MC-1001-99

entretien : 96-05-15 Semaine: 39 No Bon de travail : DR96051510

Tâche: code 6750 Vérification/remplacement courroie lecture compteur Hr : 2760 No compte : COMP-MC-1001-99

entretien : 96-03-22 Semaine: 32 No Bon de travail : DR96032213

Tâche: code 3425 Vérification/alignement moteur & machine fixe lecture compteur Hr : 2344 No compte : COMP-MC-1001-99

entretien : 96-01-13 Semaine: 22 No Bon de travail : DR96011315

Tâche: code 3395 Vérification/fuites tuyauterie lecture compteur Hr : 2185 No compte : COMP-MC-1001-99

entretien : 95-12-05 Semaine: 16 No Bon de travail : DR95120511

Tâche: code 3446 Vérification/ajustement du manostat lecture compteur Hr : 1870 No compte : COMP-EL-1001-99

entretien : 95-11-08 Semaine: 12 No Bon de travail : DR95110809

Tâche: code 6785 Vérification/remplacement des joints étanches lecture compteur Hr : 1454 No compte : COMP-MC-1001-99

entretien : 95-10-17 Semaine: 08 No Bon de travail : DR95101704

Tâche: code 6789 Vérification/remplacement des roulements lecture compteur Hr : 1258 No compte : COMP-MC-1001-99

entretien : 95-09-16 Semaine: 04 No Bon de travail : DR95091602

Tâche: code 6680 Vérification/remplacement lubrifiant lecture compteur Hr : 1077 No compte : COMP-MC-1001-99

entretien : 95-08-08 Semaine: 00 No Bon de travail : DR95080812

Tâche: code 6122 Vérification/Nettoyage/remplacement des filtres lecture compteur Hr : 862 No compte : COMP-MC-1001-99

entretien : 95-07-22 Semaine: 50 No Bon de travail : DR95072201

Tâche: code 6750 Vérification/Ajustement courroie lecture compteur Hr : 790 No compte : COMP-MC-1001-99

entretien : 95-06-28 Semaine: 47 No Bon de travail : DR95062811

Tâche: code 5570 Vérification/analyse de vibration lecture compteur Hr : 743 No compte : COMP-MC-1001-99

entretien : 95-05-18 Semaine: 41 No Bon de travail : DR95051814

Tâche: code 6680 Vérification/remplacement lubrifiant lecture compteur Hr : 622 No compte : COMP-MC-1001-99

entretien : 95-02-15 Semaine: 28 No Bon de travail : DR95021507

Tâche: code 6680 Vérification/remplacement lubrifiant lecture compteur Hr : 180 No compte : COMP-MC-1001-99

entretien : 95-01-22 Semaine 25 No Bon de travail : DR95012205

Tâche: code 1125 Démarrage lecture compteur Hr : 0000 No compte : COMP-MC-1001-99, COMP-EL-1001-99

entretien : 95-01-13 Semaine: 24 No Bon de travail : DR95011303

Tâche: code 1005 Installation et raccordement lecture compteur Hr : 0000 No compte : COMP-MC-1001-99, COMP-EL-1001-99

ANNEXE 4 - La gestion d'un atelier

L'installation correcte et selon les normes des différents aménagements et équipements est primordiale afin d'assurer une gestion efficace de la maintenance par la suite. Il est essentiel de :

- de procéder au début à une analyse de l'espace disponible afin de dresser un plan d'aménagement pouvant rencontrer les besoins actuels et futurs de l'atelier en question.
- de se renseigner sur les différents codes de lois pouvant intervenir dans l'installation d'aménagements ou d'équipements (les codes du bâtiment, le code de l'électricité, le code du gaz, la loi des vaisseaux sous pression, les guides de santé et de sécurité industriels, les lois sur les appareils de chauffage et de combustion et la loi sur l'identification des matières dangereuses pour n'en nommer que quelques-uns).
- de se munir des permis ou certificats d'inspection requis avant d'opérer l'atelier.

Le cas qui sera présenté est celui d'un atelier utilisant de l'eau, de l'air comprimé, de l'huile hydraulique à haute pression, un poste de soudage, un four métallurgique pour la trempe des métaux, alimenté au propane et quelques machines d'usinage (tour, fraiseuse, perceuse).

Il faut **organiser la gestion de cet atelier pour le rendre fonctionnel mais également conforme aux lois en cause** et ensuite, quelles fiches d'entretien doivent être élaborées pour les différents aménagements/équipements.

L'atelier de cet exemple est composé de deux locaux (les dimensions sont indiquées sur le plan d'aménagement).

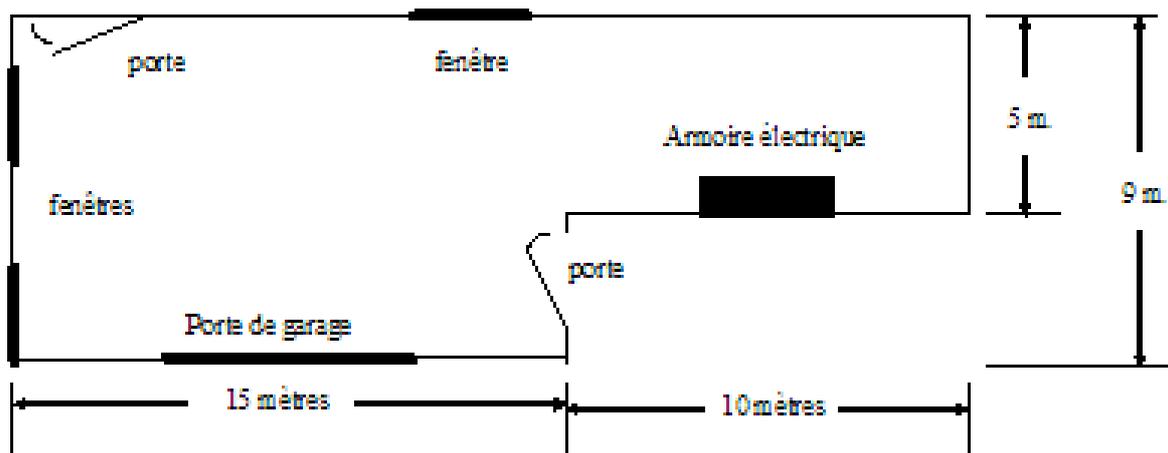


Figure 1

- On dispose donc d'une surface de 25 m X 9 m, soit 225 m².
- L'atelier possède deux portes en plus d'une porte de garage et également 3 fenêtres. L'armoire électrique est logée dans la division la plus petite du bâtiment.

Il faut maintenant définir où seront logés les machines d'usinage, les aménagements en gaz, l'air, l'hydraulique, l'eau, le four au gaz et le poste de soudage.

Idéalement :

- Les machines d'usinage devraient se retrouver dans un espace assez rapproché (pour des raisons de commodités d'usinage).
- Le four et le poste de soudage sont deux appareils dégageant de la chaleur.
- L'air sous pression doit être près des appareils d'usinage, car il servira fréquemment à nettoyer ceux-ci.
- La zone de stockage devra être près de la porte de garage pour permettre la sortie des produits finis et l'entrée des matières premières, d'une manière pratique.
- Les vapeurs du poste de soudage et celles du four de trempe devront être évacuées à l'extérieur.
- La ligne d'alimentation en eau devra être accessible pour connecter le refroidisseur du four de trempe.
- Les machines et les équipements fonctionnent tous sur une tension de secteur de 550 V, sauf le poste de soudage, le compresseur, le ventilateur d'évacuation et la pompe hydraulique qui fonctionnent à 220 V.
- L'huile hydraulique est utilisée pour actionner la perceuse à colonne dans son mouvement de montée et de descente et sert également à faire tourner le mandrin du tour d'usinage (moteur hydraulique).
- La pression de fonctionnement de la pompe est de 3000 PSI.

À partir de ces considérations, voici à quoi pourrait ressembler l'atelier :

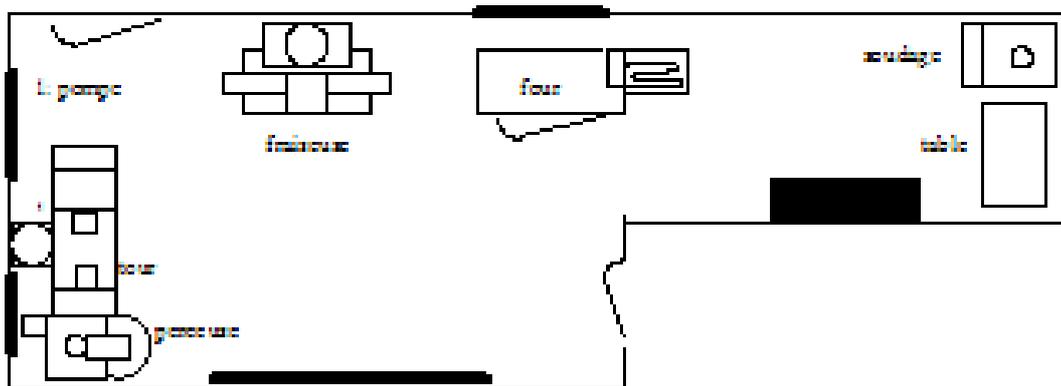


Figure 2

Dans l'ensemble, la plupart des objectifs sont atteints:

- Les deux machines d'usinage nécessitant de la puissance hydraulique sont près l'une de l'autre (pompe placée à courte distance).
- Les machines d'usinage sont relativement près les unes des autres. Le four est attenant aux machines d'usinage.
- L'avant de la porte de garage est dégagé.
- Les deux équipements dégageant de la chaleur sont relativement près l'une de l'autre. Ils doivent cependant répondre à une norme de 3 mètres de distance entre eux. La raison : le poste de soudage dégage des étincelles et le four est alimenté au gaz propane (très explosif) (loi des gaz). ... Également, on libère tous les passages et les portes (code du bâtiment).

- L'avant de l'armoire électrique est dégagé (le code de l'électricité prévoit là encore une distance de 1,5 m libre à l'avant de l'armoire). Ceci est pour permettre une intervention rapide afin de couper l'alimentation électrique de tout l'atelier ou une partie de l'atelier (en cas d'urgence).
 - Le poste de soudage est près de l'armoire électrique.
 - Un transformateur-abaisseur sera placé directement dans l'armoire électrique afin de créer la tension de 220 V.
 - Un système d'évacuation de l'air vicié devra être prévu au-dessus du poste de soudage où seront effectuées les soudures. Également, ce système d'évacuation devra être en mesure d'évacuer la chaleur produite par le four.
1. **La ligne de gaz propane** sera répartie à l'intérieur de l'atelier. Cette ligne ne sert qu'à alimenter le four évidemment.
 2. Selon la loi sur les gaz, il est interdit de placer un réservoir d'approvisionnement en gaz inflammable à proximité d'une source de chaleur (poste de soudage par exemple...). **Le réservoir** sera donc placé directement derrière l'atelier et une conduite de gaz munie d'un clapet anti-retour (anti-explosion) entrera à travers un orifice dans le mur pour alimenter le four en gaz propane.

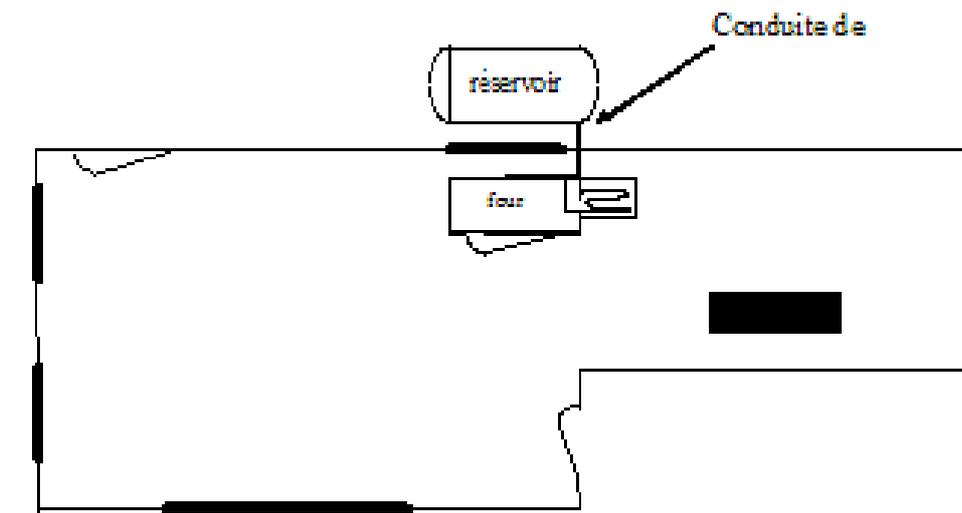


Figure 3

3. Le circuit de tuyauterie sera le suivant et il est fait de tuyau noir en acier $\frac{1}{2}$ National Pipe Thread (NPT):

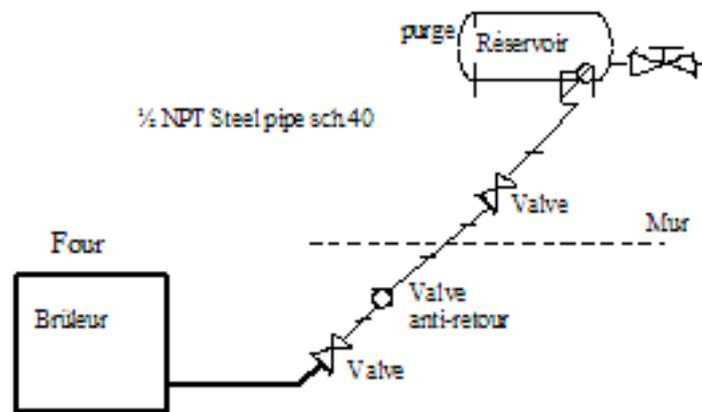


Figure 4

4. En ce qui concerne la ligne d'alimentation en eau, elle sera disposée directement à l'arrière du four. Un évier est ajouté pour plus de commodité.
5. Le four et l'évier disposent d'une valve permettant de bloquer l'alimentation de l'une ou l'autre des lignes. Le four, rappelons-le, a besoin d'eau froide pour alimenter son serpentin de refroidissement. La ligne est faite de tuyau de cuivre soudé 1/2" diamètre Type M.

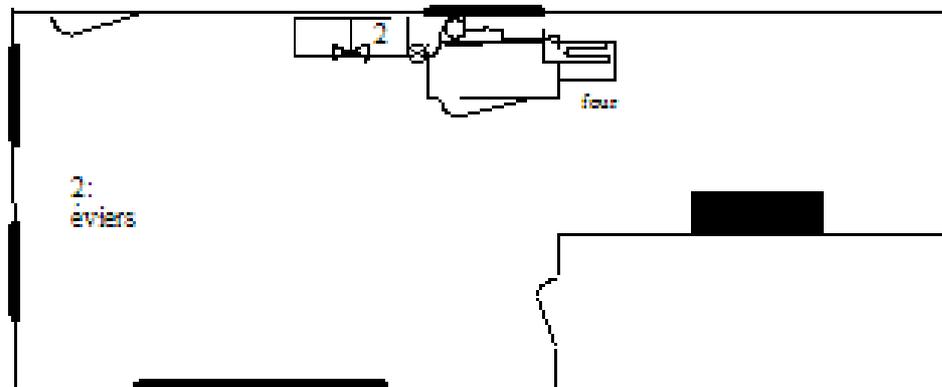


Figure 5

6. Le circuit de tuyauterie sera le suivant:

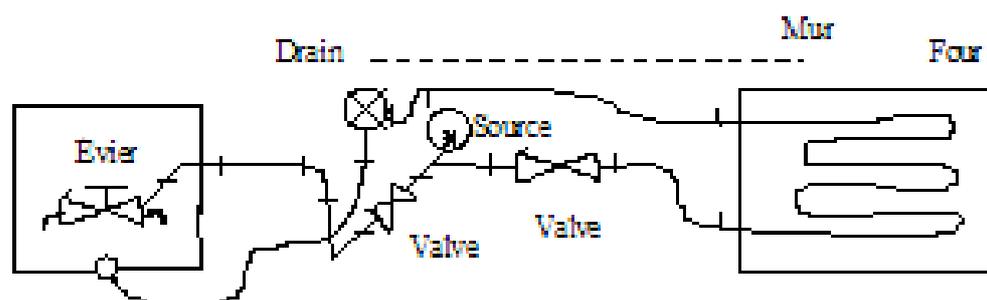


Figure 6

7. En ce qui concerne la ligne d'alimentation en air, elle sera disposée de la façon suivante et sera fabriquée de tuyau noir en acier 1/2 National Pipe Thread:

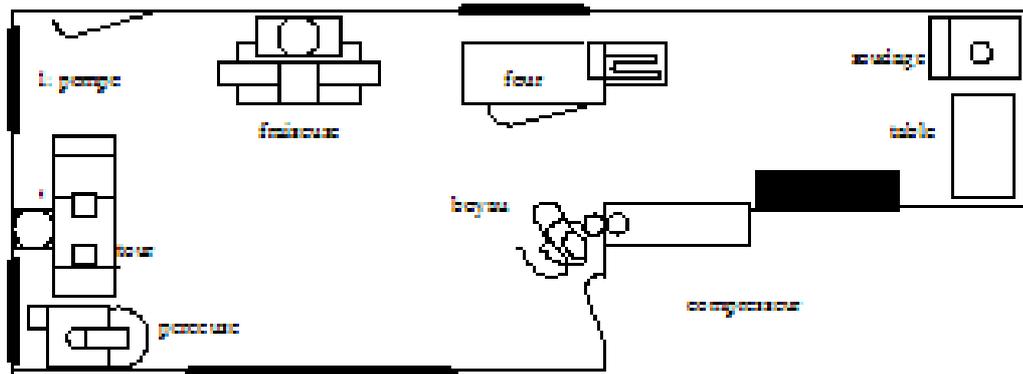


Figure 7

8. Le circuit de tuyauterie sera le suivant:

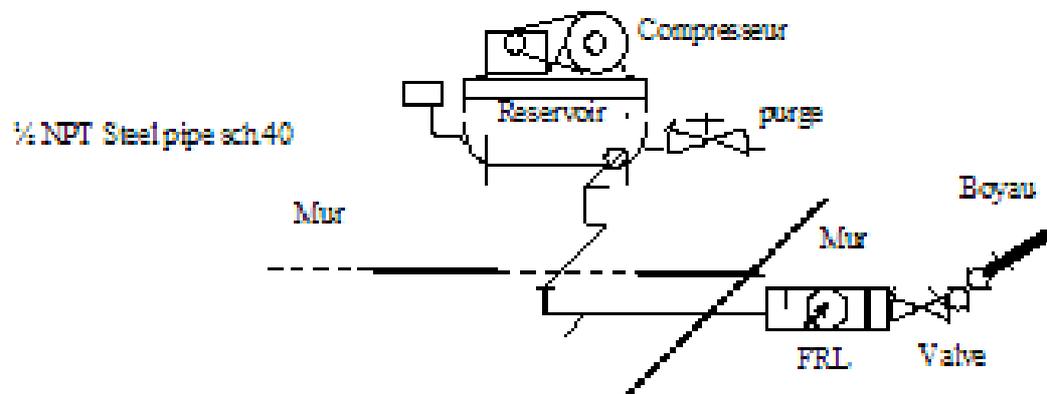


Figure 8

9. La ligne d'air sous pression est alimentée par un compresseur à piston situé dans une petite salle attenante au bâtiment. Cette salle est pourvue de trappes d'aération permettant au compresseur de se refroidir adéquatement et de bien aspirer l'air sans restriction. La ligne d'air se rend donc jusqu'au mur intérieur de l'atelier depuis le compresseur. À cet endroit, un FRL (Filtre, Régulateur et lubrificateur) permet de filtrer les saletés émises par le compresseur, de lubrifier cette ligne d'air sous pression avec un mini-réservoir de lubrifiant et surtout de régler la pression de service à une valeur acceptable.

La sortie de ce dispositif est complétée par une valve permettant de couper la pression en cas de besoin. Également, cette valve contient un raccord d'accouplement rapide (quick connect) qui est muni de clapet anti-retour intégré. Ainsi, dans le cas où aucun boyau n'est branché, le clapet retient l'air sous pression dans la ligne.

Les besoins en huile hydraulique. La pompe doit alimenter le tour et la perceuse.

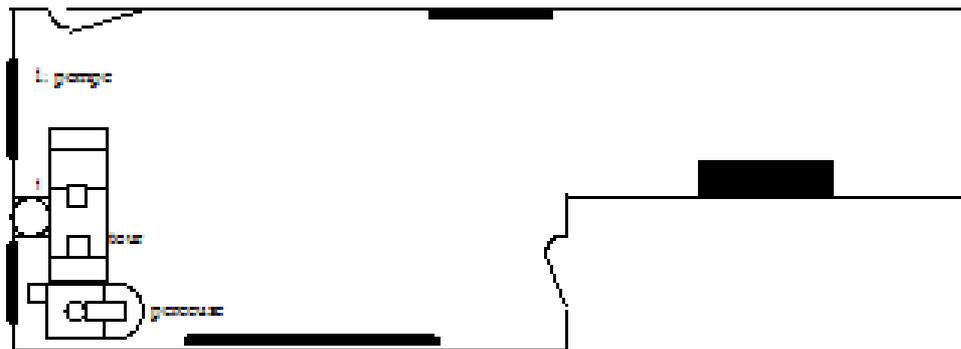


Figure 9

10. Le circuit de tuyauterie sera le suivant:

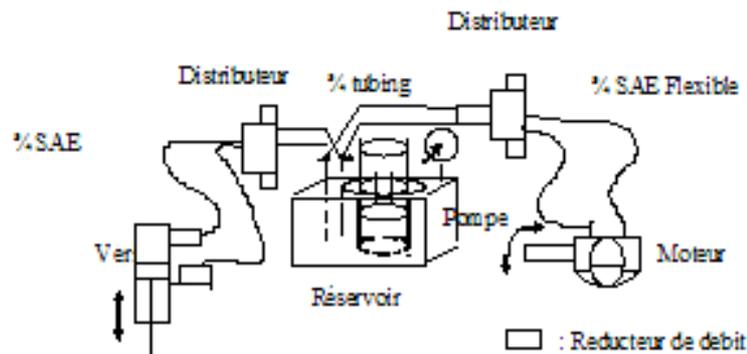


Figure 10

11. Depuis la pompe jusqu'aux distributeurs, on utilise du tube d'acier rigide $\frac{3}{4}$, à partir de ces derniers jusqu'aux récepteurs (vérin, moteur) du boyau flexible (pour atténuer les vibrations). Voici maintenant le schéma hydraulique :

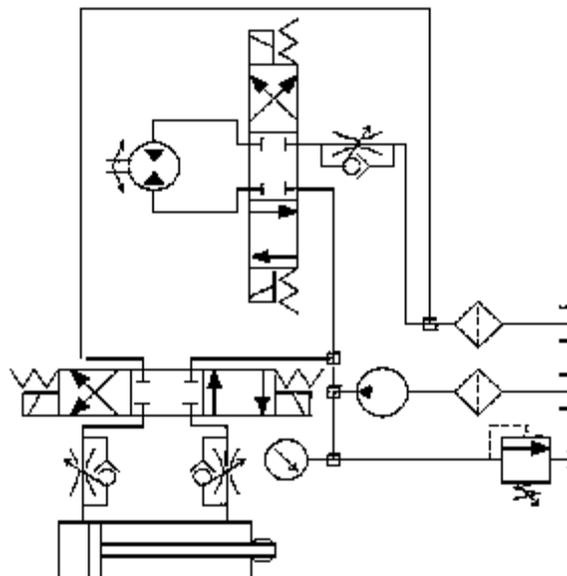


Figure 1

12. Finalement, les lignes électriques: premièrement, quatre appareils fonctionnent à 220 V, le compresseur, le ventilateur, la pompe et le poste de soudage. Toutes les machines-outils et le four fonctionnent à 550 Volts. Les fils des lignes de 347 et 550 V seront de calibre 08 et ceux de 110-220 V seront de calibre 12. Toutes les lignes seront insérées dans des tuyaux EMT tel que prescrit par le code de l'électricité. Toutes les jonctions se font à l'intérieur de boîtes de jonctions métalliques mises à la terre. Le poste de soudage dispose d'un réceptacle

220V spécialement conçu à cet effet. Chaque machine ou équipement possède, en plus d'un disjoncteur situé près de l'armoire électrique, d'un bouton d'arrêt d'urgence, localisé sur la machine elle-même.

13. Le raccordement de tuyauterie électrique EMTet celui des conduits d'évacuation est présenté sur la figure suivante :

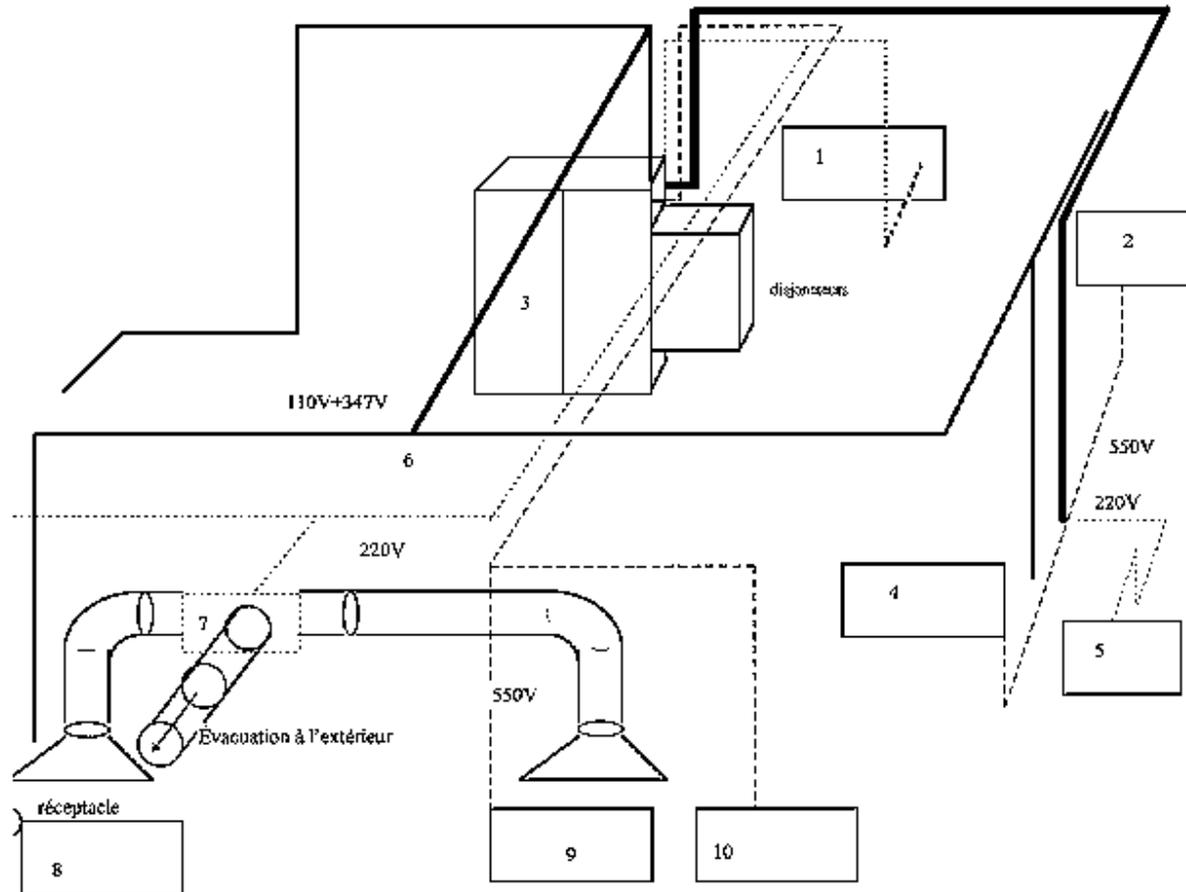


Figure 2

- avec 1 : compresseur 2: Perceuse 3 :Armoire électrique et disjoncteurs
 4 : tour 5: pompe hydraulique
 6 : ligne d'éclairage 347 V et alimentation en voltage domestique 110V
 7 : Moteur du ventilateur et système d'évacuation 8: Poste de soudage 9: four

Évidemment, des lignes standard d'éclairage et d'alimentation en voltage utilitaire sont présentes. De plus, le moteur du ventilateur, pour le système d'évacuation des fumées et chaleurs, est raccordé à une ligne 220 V. Toutes les lignes partent de l'armoire électrique en s'élevant jusqu'au plafond. Elles s'orientent, par la suite, le plus rapidement possible vers la destination prévue. Les fins de lignes et les raccordements de machines sont reliés par un fil électrique flexible. Voilà pour les aménagements de l'atelier.

Exemple de fiche d'entretien pour ces équipements.

Ces fiches d'entretien sont différentes des entretiens systématiques (préventifs), en ce sens qu'elles ne concernent que des entretiens mineurs pouvant aider à retarder ou à éliminer un bris. Elles ne visent pas nécessairement à remplacer des pièces.

Le type d'entretien utilisant ces fiches est parfois appelé **entretien de routine** (ou entretien de conduite) et peut souvent être fait par l'opérateur de la machine lui-même, puisqu'il consiste en des entretiens ou des ajustements mineurs. Voyons un exemple de ceci pour, disons, la pompe hydraulique servant à alimenter le tour et la perceuse en puissance hydraulique:

FICHE D'ENTRETIEN	
No équip.: AT-HYD-POM <i>pompe hydraulique</i> Département : Atelier Fabricant : Parker No série : C3434-m34	
Modèle : D29 Type : engrenages Localisation : Atelier _____ S-loc _____ Unité de puissance. Étage : RC Aile :	
Hp : 3 RPM : 1800 Distribut. : Hydrateck tel. (206)566.2323	
Contrôle produits: Huile ISO VG32, HUILE SOUS PRESSION	
Date de fin de garantie : 1999-06-30 moteur et pompe	
Spécifications: MOTEUR: GE S200 3Hp, 220 V/1PH/60 - 15 Amps POMPE: Parker gear pump D29, 3Hp	
ROULEMENTS: Mot: SKF6302-2Z QT:2; Pompe.: SKF6302-2Z QT:2; LUBRIF : Huile ISO VG32 SUNVIS	
J H M A	
1-Vérification du niveau d'huile	Ins01 X
2-Inspection visuelle de la pompe	Ins02 X
3-Changeement d'huile et filtre	Ins03 X
Rechercher toute fuite d'huile du système	Ins04 X
5-Nettoyer la surface du réservoir et du moteur électrique	Ins05 X
6-Ajustement et vérification du limiteur de pression	Ins06 X
7-Vérifier l'alig. de l'accoup. méc. entre la pompe et le mot.	Ins07 XX
8-Vérifier le serrage des boulons de la pompe et du bâti.	Ins08 X
9-Vérifier la contamination/qualité de l'huile	Ins09 X
10-Vérifier l'ampérage du moteur de la pompe au démarrage	Ins10 X
11-Analyse de vibration	Ins11 X
12-Lubrification/graissage des paliers	Ins12 X
J: chaque jour H: Hebdomadaire M: Mensuelle A: Annuelle XX: 2 fois l'an	

Cette fiche d'entretien se complète par **des fiches d'instructions** donnant des références à une norme ou à une procédure et décrivant sommairement le déroulement de la tâche à effectuer.

Prenons par exemple la tâche No 11, Analyse de vibration, et voyons ce qui serait inscrit sur la fiche d'instruction :

<i>Tâche No11 -Analyse de vibration</i>	
FICHE D'INSTRUCTION INS11	
No équip.: AT-HYD-POM <i>pompe hydraulique</i> Département : Atelier Fabricant : Parker No série : C3434-m34	
Modèle : D29 Type : engrenages Localisation : Atelier _____ S-loc _____ Unité de puissance. Étage : RC Aile :	
Hp : 3	RPM :1800 Distribut. : Hydrateck tel.(206)566.2323
Contrôle produits: Huile ISO VG32, HUILE SOUS PRESSION	
Date de fin de garantie : 1999-06-30 moteur et pompe	
Spécifications: MOTEUR: GE S200 3Hp, 220 V/1PH/60 - 15 Amps POMPE: Parker gear pump D29 , 3Hp	
ROULEMENTS:Mot:SKF6302-2Z QT:2; Pompe.: SKF6302-2Z QT:2; LUBRIF : Huile ISO VG32 SUNVIS	
Instructions:	
Ref: Norme DIN 16509 ISO -2543, guide d'utilisation VIBROTECH s2209	
A- Étalonner l'analyseur de vibration. Faire une autovérification des fonctions de l'appareil. Entrer l'heure, la date et le numéro de l'équipement à analyser dans l'appareil.	
B- Arrêter toute machine susceptible de créer des vibrations dans un rayon de 10 m. de l'équipement à analyser.	
C- Nettoyer la vis de graissage de chaque palier de l'équipement en essuyant l'excédant d'huile/graisse.	
D- Tester chaque palier/roulement en appliquant la sonde de test sur sa vis de graissage respective pour un temps minimal de 30 secondes après avoir mis l'équipement en marche.	
E- Inscrire chaque numéro de roulement/palier de l'équipement dans l'appareil d'analyse entre chaque lecture.	
F- Arrêter l'équipement et mettre en marche les autres équipements (arrêts temporaires).	
G- Connecter le câble de transfert des données sur l'appareil et transférer les données dans l'ordinateur central du service d'entretien.	
H- Remplir le rapport d'analyse No DIN 16509, le signer et le remettre au superviseur de l'entretien.	
I- Ranger l'appareil d'analyse.	

Évidemment, ces fiches n'indiquent qu'un sommaire du déroulement de la tâche à effectuer. Il est possible de consulter d'autres normes ou références afin d'aller chercher des informations complémentaires à la tâche. Ces fiches sont donc destinées à des employés d'entretien ayant un minimum de connaissances et d'expérience au départ. Il existera donc différentes fiches d'entretien pour les aménagements et équipements faisant partie de l'atelier, puis chaque fiche d'entretien contiendra à son tour des fiches d'instruction décrivant chacune des tâches la composant. Voilà qui met fin à ce survol de la gestion d'un atelier.

ANNEXE 6

Plan d'entretien préventif

Cette annexe portera principalement sur l'élaboration d'un plan d'entretien préventif se voulant l'étape préliminaire à l'application de la gestion de la maintenance dans un programme global d'entretien préventif. À l'aide d'un exemple, nous verrons comment élaborer un plan d'entretien préventif et comment il s'applique dans un contexte de planification globale de l'entretien.

Le plan d'entretien préventif

Avant de pouvoir aspirer à obtenir un programme d'entretien préventif, il convient de dresser un **plan d'entretien** nous permettant de bien définir les diverses tâches d'entretien associées à un équipement puis rassembler ces tâches par catégories pour finalement élaborer une gamme d'entretien pour chaque équipement. Une fois la **gamme d'entretien** élaborée pour chaque équipement, il s'agit de dresser la liste des **priorités** et les **fréquences d'intervention** recommandées. Il sera ainsi beaucoup plus facile de définir quand et de quelle manière intervenir sur les équipements pour prévenir les bris efficacement. Les questions à se poser avant d'entreprendre l'élaboration du plan d'entretien préventif sont les suivantes :

- Combien d'équipements sont critiques pour le fonctionnement de l'entreprise ;
- Combien d'équipements sont soumis à une législation qui engendre forcément un entretien systématique ;
- Combien d'équipements sont soumis à des contraintes d'entretien systématique en raison du respect de la garantie de cet équipement de la part du manufacturier ;
- Y a-t-il des équipements semblables (ou nécessitant des tâches d'entretien semblables) ?
- Peut-on jumeler des tâches d'entretien sur certains équipements ?
- Peut-on effectuer la même tâche à répétition sur plusieurs équipements à la fois ?
- Y a-t-il possibilité d'interchanger des pièces entre deux équipements ?

Évidemment, la décision de faire ou non de l'entretien préventif dépend de plusieurs facteurs tel que décrit dans le chapitre **Les types de maintenance**. En plus des considérations économiques (ou par souci de sécurité), il y a aussi de l'entretien préventif qui est commandé par le fait que certains équipements de production se **dérèglent** avec le temps. Il conviendra d'être extrêmement prudent dans la définition des critères de remplacement ou d'entretien. Par exemple, un certain niveau de vibration peut être toléré ou considéré comme acceptable sur un ventilateur de plafond alors qu'il serait vraiment inacceptable pour une tour à usiner (la vibration nuit énormément à la précision de l'usinage). Dans le plan d'entretien, il conviendra de définir quels seront les seuils d'acceptabilité pour les différentes catégories de pièces entrant dans la construction de divers équipements.

En premier lieu: **Dresser la liste des équipements et des aménagements de cet atelier**

- Une tour d'usinage
- Une perceuse à colonne
- Une fraiseuse
- Une pompe hydraulique (et son réservoir)
- Un four pour la trempe des métaux

- Un poste de soudage
 - Une armoire électrique avec disjoncteurs et des lignes électriques à différents voltages
 - Une ligne d'air comprimé (avec compresseur et réservoir)
 - Une ligne de gaz propane pour alimenter le four (avec réservoir)
 - Une ligne d'eau (pour refroidir le four)
 - Un système d'évacuation de la fumée et de la chaleur (comprenant un ventilateur intégré)
- Parmi ces équipements, il faut indiquer ceux qui sont de nature prioritaire pour l'entretien parce que :

1. Ils sont critiques pour le fonctionnement de l'atelier;
2. Ils sont soumis à des entretiens préventifs en vertu de la loi;
3. Ils représentent un danger de blessure ou d'accident ou encore d'un risque pour la santé.

Ce qui donne:

- Une tour d'usinage 1,3
- Une perceuse à colonne 1,3 Une fraiseuse 1,3
- Une pompe hydraulique (réseau de conduites et son réservoir) 1,2
- Un four pour la trempe des métaux 2,3
- Un poste de soudage 2,3
- Une armoire électrique avec disjoncteurs et des lignes électriques à différents voltages 1,2,3
- Une ligne d'air comprimé (avec compresseur et réservoir) 2,3
- Une ligne de gaz propane pour alimenter le four (avec réservoir) 2,3
- Une ligne d'eau (pour refroidir le four)
- Un système d'évacuation de la fumée et de la chaleur (comprenant un ventilateur intégré) 3

Parmi ceux qui ne sont pas affectés par ces critères, citons :

- Une ligne d'eau (pour refroidir le four)
- Tous les autres équipements méritent, pour une raison ou l'autre, qu'un entretien systématique (préventif) soit effectué.**

Parmi les équipements sélectionnés est-il possible de **catégoriser** certains équipements qui seraient de même nature ou auraient des tâches d'entretien similaires ?

Voici donc les groupes d'équipement qui se dégagent:

- Une tour d'usinage
 - Une perceuse à colonne
 - Une fraiseuse
- Une **pompe** hydraulique (réseau de conduites et son réservoir)
 - Une ligne d'air comprimé (avec **compresseur** et réservoir)
- Un **four** pour la trempe des métaux
 - Un poste de **soudage**
 - Un système d'évacuation de la **fumée** et de la **chaleur** (comprenant un ventilateur intégré)
 - Une armoire électrique avec **disjoncteurs** et des lignes électriques à différents voltages

- Une ligne de gaz propane pour alimenter le four (avec réservoir)
- Une ligne d'eau (pour refroidir le four)

Premier groupe:

Les trois premiers sont des machines-outils (éléments tournant avec des roulements, joints étanches causés à l'utilisation de l'hydraulique ; des vibrations néfastes pour leur fonctionnement ; trois équipements de production critiques pour cette dernière ; fonctionnent tous au même voltage..

Deuxième groupe:

La pompe et le compresseur sont des machines au fonctionnement similaire et possèdent plusieurs points d'entretien en commun: roulements, joints étanches, pression de fluide dans les canalisations, conditionnement du fluide (filtration, température, etc.). La pompe est toutefois plus importante pour la production que le compresseur ; les deux fonctionnent au même voltage.

Troisième groupe:

Le four et le poste de soudage sont deux équipements faisant partie de l'atelier mais ne sont toutefois pas absolument essentiels à la production. Ils sont reliés du fait qu'ils dégagent de la chaleur et de la fumée venant de la transformation de l'énergie électrique et sont soumis à des exigences en regard de cette caractéristique. Le système d'évacuation est complémentaire à ces deux équipements. L'armoire électrique doit rencontrer aussi des exigences au point de vue du contrôle de la chaleur (grosseur de fusibles ou disjoncteurs, grosseurs des fils électriques, exigences de vérification externe de bon fonctionnement).

Les deux derniers items n'ont pas de points en commun comme tel.

Parmi la liste, quels sont les équipements soumis à une **obligation d'entretien** en vue du respect de **la garantie** du manufacturier ?

- Une tour d'usinage
- Une perceuse à colonne
- Une fraiseuse
- Un poste de soudage
- Une ligne d'air comprimé (avec compresseur et réservoir)
- Une pompe hydraulique (réseau de conduites et son réservoir)

- Un four pour la trempe des métaux
- Une armoire électrique avec disjoncteurs et des lignes électriques à différents voltages
- Une ligne de gaz propane pour alimenter le four (avec réservoir)
- Une ligne d'eau (pour refroidir le four)
- Un système d'évacuation de la fumée et de la chaleur (comprenant un ventilateur intégré)

Les six premiers sont pourvus d'une garantie du manufacturier exigeant des preuves de remplacement de pièces à intervalle régulier.

Les autres items ne sont pas garantis. **Cette question a pour but de vérifier si l'exigence du manufacturier pourrait coïncider avec un entretien fiable et acceptable pour la production, si cette exigence rencontre les exigences des différents codes de loi et, finalement, si cette exigence en vaut la peine d'un point de vue économique, strictement.**

Parmi la liste, quels sont les équipements dont le **coût de remplacement ou d'arrêt** est très élevé ?

- Une tour d'usinage
- Une perceuse à colonne
- Une fraiseuse
- Un poste de soudage
- Une ligne d'air comprimé (avec **compresseur** et réservoir)
- Une pompe hydraulique (réseau de conduites et son réservoir)
- Un four pour la trempe des métaux
- Une armoire électrique avec disjoncteurs et des lignes électriques à différents voltages
- Une ligne de gaz propane pour alimenter le four (avec réservoir)
- Une ligne d'eau (pour refroidir le four)
- Un système d'évacuation de la fumée et de la chaleur (comprenant un ventilateur intégré)

Les trois premiers sont des machines-outils très coûteuses et, étant donné leur caractère critique, leur coût d'arrêt est extrêmement élevé. Tous les autres items sont, pour certains, nécessaires à la production et n'ont pas un temps d'arrêt aussi coûteux (bien que leur coût de remplacement ne soit pas exorbitant).

On obtient donc le tableau comparatif suivant :

- Une tour d'usinage 1,3,\$,G
- Une perceuse à colonne 1,3,\$,G
- Une fraiseuse 1,3,\$,G

- **Une pompe** hydraulique (réseau de conduites et son réservoir) 2,3,G
- Une ligne d'air comprimé (avec **compresseur** et réservoir) 2,3,G

- Un **four** pour la trempe des métaux 2,3
- Un poste de **soudage** 2,3,G
- Un système d'évacuation de la **fumée** et de la **chaleur** (comprenant un ventilateur intégré) 3
- Une armoire électrique avec disjoncteurs et des lignes électriques à différents voltages 1,2,3

- Une ligne de gaz propane pour alimenter le four (avec réservoir) 2,3
- Une ligne d'eau (pour refroidir le four)

1. critique pour le fonctionnement de l'atelier
 2. soumis à des entretiens préventifs en vertu de la loi
 3. représente un danger de blessure ou accident ou encore un risque pour la santé
- \$. coût de remplacement élevé
G. couvert par une garantie

Il importe maintenant de figurer quels paramètres ou critères seront retenus dans l'élaboration du plan d'entretien préventif. Prenons, par exemple, le cas de la perceuse à colonne (1,3,\$,G). Les trois critères à observer sont :

- 1) **un bon fonctionnement** (critique pour la production),
- 3) **le danger** (pour la sécurité de l'opérateur) en cas de malfonctionnement,
- \$) **le coût élevé** de l'équipement,
- G) **l'équipement est couvert par la garantie** du manufacturier (exigences).

Afin de procéder à une analyse judicieuse, il faut d'abord se reporter à l'historique de l'équipement et aux relevés de la production générés par cet équipement.

Les relevés de production indiquent en général la **performance de production** de cet équipement:

- temps d'arrêt volontaire,
- temps d'arrêt pour bris ou entretien,
- temps de fonctionnement sur un quart de travail normal,
- nombre de pièces usinées hors-tolérance, etc.

L'historique de l'équipement indique, quant à lui, quelles pièces ont été remplacées et à quelle fréquence, quel entretien a été effectué jusqu'à maintenant, etc.

Pour fixer le nombre de pièces hors-tolérances durant l'usinage, on doit **premièrement fixer la précision acceptable et la fiabilité de cette précision** ; c'est-à-dire que l'on prend note de plusieurs dimensions d'usinage sur plusieurs pièces fabriquées et on compile ensuite les résultats. En outre, il existe plusieurs plan d'échantillonnage permettant de relever d'une manière statistiquement acceptable des échantillonnages de dimensions et de les comparer (par exemple, les plans ABC-std, MIL-std, Dodge-Romig, etc.).

Toutefois, les concepts à la base de ces plans et l'élaboration de ces plans d'échantillonnages relèvent plutôt des statistiques et ne font pas partie comme tel des objectifs de ce cours.

Également, il faut mentionner que, dans l'ensemble, les données tendent à suivre une courbe caractéristique normale (en forme de cloche) où on peut dénoter la moyenne, l'écart-type et la variance. Si, par exemple, on prend les dimensions de perçage réelles sur 20 pièces pignées dans un ordre indiqué par le plan d'échantillonnage prescrit et on obtient donc:

pièce 1 : 20.22 mm de diamètre

pièce 2 : 20.21 mm de diamètre

pièce 3 : 20.22 mm de diamètre

pièce 4 : 20.20 mm de diamètre

pièce 5 : 20.23 mm de diamètre

pièce 6 : 20.22 mm de diamètre

pièce 7 : 20.21 mm de diamètre

pièce 8 : 20.22 mm de diamètre
 pièce 9 : 20.22 mm de diamètre
 pièce 10 : 20.23 mm de diamètre
 pièce 11 : 20.22 mm de diamètre
 pièce 12 : 20.21 mm de diamètre
 pièce 13 : 20.22 mm de diamètre
 pièce 14 : 20.22 mm de diamètre
 pièce 15 : 20.25 mm de diamètre
 pièce 16 : 20.22 mm de diamètre
 pièce 17 : 20.23 mm de diamètre
 pièce 18 : 20.22 mm de diamètre
 pièce 19 : 20.22 mm de diamètre
 pièce 20 : 20.24 mm de diamètre

total : 404.43 La moyenne μ sera : $\frac{404,43}{20} = 20.2215$ mm de diamètre

20

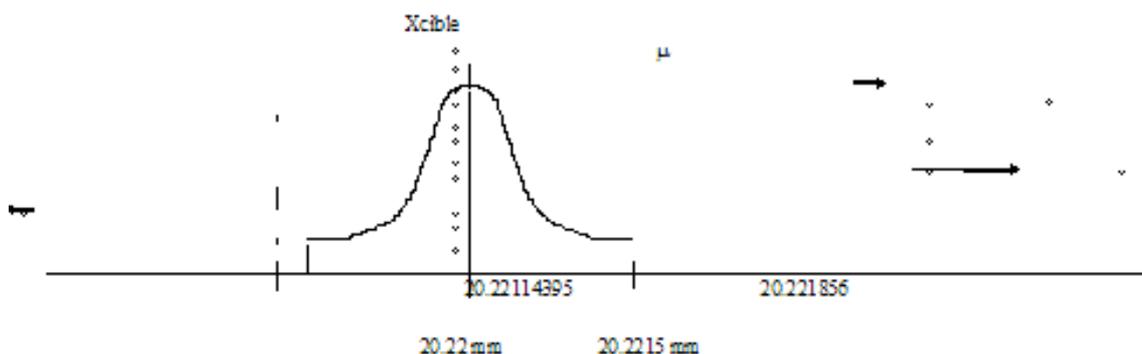
L'écart type σ sera à partir d'une origine de 20,20 mm calculé par :

$$\sigma = \frac{(0,02^2 + 0,01^2 + 0,02^2 + 0,00^2 + 0,03^2 + 0,02^2 + 0,01^2 + 0,02^2 + 0,02^2 + 0,03^2 + 0,02^2 + 0,01^2 + 0,02^2 + 0,02^2 + 0,05^2 + 0,02^2 + 0,03^2 + 0,02^2 + 0,02^2 + 0,04^2 - 20 (0,02215)^2)}{19} = \frac{(0,0115 - 0,009245)}{19} = 0,002255 \div 19 = 0,000118684$$

et variance $\sigma^2 = 1,40859 \cdot 10^{-8}$ (unité de mesure de la dispersion utilisée dans les plans d'échantillonnage).

La courbe prend donc la forme suivante (les valeurs inférieures et supérieures sont situées à $\mu \pm 3\sigma$):

Soit $20,2215 \text{ mm} \pm 0,0003560523$. Donc le maximum en abscisse à 20,221856 mm et le minimum à 20,22114395 mm.



Dans cet exemple, on voit que les diamètres sont très distants par rapport à la moyenne calculée. Dans ce cas, la valeur spécifiée à l'usinage était de $20.20 \text{ mm} \pm 0.02$. On voit que 15 mesures sur 20 se qualifient (i.e qu'elles sont à l'intérieur de la tolérance spécifiée mais que cette précision n'est pas fondamentalement fiable en regard de la précision suggérée par la courbe normale). Il faudrait en réalité que la moyenne tende davantage vers la valeur ciblée, soit 20.22 mm. Ce fort écart s'explique par une vibration excessive lors de l'usinage. En général, des roulements défectueux sont les premiers à être suspectés. Donc, si on désire un taux de réussite supérieur au taux actuel de 75 % et, avec une grande fiabilité, il faudra changer les roulements avec des fréquences plus rapprochées. Cette fréquence va s'établir à mesure que l'on connaîtra mieux l'équipement.

Disons qu'après des évaluations statistiques de la sorte (le but de ce cours n'est pas de faire des statistiques), nous prenons pour acquis qu'il conviendrait de changer les roulements au 1500 heures de fonctionnement, par exemple. À cette fréquence, nous serions en présence d'une moyenne convenable en rapport avec la courbe normale et aurions, disons, un taux de réussite de 95 % .

En résumé, le bon fonctionnement de la machine (avec des paramètres acceptables) nous exigerait de changer les roulements aux 1500 heures, par exemple.

Le deuxième facteur d'entretien influençant l'entretien préventif effectué sur la perceuse était le risque de blessure dû à un mauvais fonctionnement. Dans le cas que nous décrivons ici, un mauvais fonctionnement au bout de 1500 heures n'est pas acceptable au point de vue de l'usinage mais l'est amplement au point de vue sécurité (c'est-à-dire que cette vibration empêche la machine de produire des pièces correctes mais ne la rend pas PLUS dangereuse à utiliser pour autant). Il faudrait, par exemple, attendre 3000 heures de fonctionnement pour voir une vibration telle qu'elle constituerait réellement un danger (ex: arbre se cassant sous l'effort, mèche se détachant violemment du mandrin en rotation, etc.) Ainsi, on peut considérer que ce facteur est amplement surpassé par le 1er facteur (dépendant du contrôle statistique).

Le troisième facteur était le coût de remplacement élevé. Par ce facteur, on entend déterminer à quelle fréquence il serait préférable de remplacer des pièces avant qu'elles n'entraînent (par leur mauvais fonctionnement) des coûts d'entretien ou de remplacement si faramineux que toute la machine devrait pratiquement être mise aux rebuts. Encore une fois, la fréquence de remplacement du 1er facteur (aux 1500 heures en raison de la qualité de l'usinage) va primer sur ce facteur. En effet, il faudrait attendre très longtemps avant de voir un roulement si gravement endommagé qu'il saisirait sur place, entraînant des dommages très lourds à la perceuse à colonne (tel un arbre gravement endommagé, des engrenages de transmission cassés, l'éclatement du joint étanche du vérin ou un moteur électrique de rotation brûlé).

Ce sont toutes des situations qui seraient extrêmement coûteuses à réparer mais qui ne feraient pas nécessairement en sorte que l'on décide de se débarrasser de cette machine.

Donc, le facteur du coût de remplacement n'est pas aussi prépondérant que dans certains autres équipements standard. La machine comporte également plusieurs pièces composant son coût total et il faudrait vraiment une catastrophe pour qu'elle perde énormément de valeur d'un seul coût comparativement à un moteur électrique brûlé où le coût de réparation (rebobinage, remplacements des brosses de contact, roulements, etc.) n'est pas justifié en regard du coût de l'équipement lui-même (peut-être 90% du prix, dans ce cas). Dans le cas de la perceuse à colonne, aucune pièce maîtresse n'est susceptible de coûter plus de 50% de la valeur totale de cette perceuse et ce critère (dans le cas d'un remplacement de roulement) est beaucoup moins prépondérant que le 1er facteur (bon fonctionnement) déjà mentionné.

Le dernier facteur à prendre en considération était la garantie du fabricant. Ce dernier prescrit souvent des changements de pièces à des fréquences établies en fonction de ne pas dégrader l'équipement ou de ne pas entraîner des coûts d'entretien très élevés par la suite. Dans le cas qui nous préoccupe, le fabricant suggérait de changer les roulements aux 2500 heures d'opération... On voit que sa préoccupation n'est pas de garantir un usinage précis ni d'optimiser les performances de sa machine (la garantie n'indique rien en regard de la performance ou de la précision de l'équipement).

En tant que fabricant, sa préoccupation première (en obligeant les clients à entretenir la machine) est d'éviter un retour d'équipement où une pièce cassée (garantie très coûteuse) devra être remplacée à ses frais. Par exemple, le fait de ne pas changer les roulements à temps pourrait entraîner le bris irrémédiable de l'arbre de transmission de la perceuse (il ne tournera jamais plus avec précision par la suite) et comme cette pièce est garantie (car elle est le cœur de la machine), il devra la remplacer à ses frais durant toute la durée de la garantie. Toutefois, cette exigence est, comme on peut le voir, moins restrictive que la propre exigence de l'atelier envers sa précision à l'usinage et, encore une fois, ce facteur va primer sur le facteur de garantie.

En conclusion, les roulements de la perceuse devront être remplacés aux 1500 heures selon le facteur "bon fonctionnement" car ce facteur est plus exigeant que tous les autres facteurs considérés dans cette étude et est celui qui devra primer dans ce cas. Il s'agirait maintenant d'appliquer le même raisonnement aux autres pièces à remplacer ou aux autres entretiens à effectuer (changement d'huile, par exemple) sur cette perceuse pour dresser sa gamme d'entretien en fonction des facteurs prépondérants pour chaque tâche d'entretien. Voici à quoi pourrait ressembler la gamme d'entretien de cette perceuse.

GAMME D'ENTRETIEN

No équip.: AT-OUT-PERC *perceuse* Département : Atelier Fabricant : WINSTON No série : C3535-m35
 Modèle : LV250 Type : hydraulique Localisation : Atelier _____ S-loc _____ Outillage . Étage : RC Aile
 Hp : 3 RPM : 1800 Distribut. : Drillteck tel.(206)566.5656
 Contrôle produits: Huile ISO VG32, Huile SAE 30 Huile moteur, Huile SOUS PRESSION
 Date de fin de garantie : 2000-04-30 moteur et compresseur
 Spécifications: MOTEUR: Emerson S200 3Hp, 220 V/1PH/60 - 15 Amps Vérin: Parker MD Hyd 2X1X 15 str.
 ROULEMENTS: Mot:SKF6302-2Z QT:2; Perceuse.: SKF6305-2Z QT:2; LUBRIF : Huile SAE 30 Huile moteur
 huile ISO VG32

Tâche	Fréquence	Justification
Vérification/remplacement des roulements	aux 1500 h.	1
Vérification/remplacement des joints étanches	aux 1500 h.	1
Vérification/isolation moteur	aux 2000 h.	G
Vérification/remplacement lubrifiant et filtre	aux 500 h.	\$,G
Vérification/alignement moteur & boîte d'engrenages	aux 1000 h.	1,G
Vérification/alignement arbre de transmission et mandrin	aux 500 h.	1,G
Vérification/alignement plateau de perçage et mandrin	aux 250 h.	1
Vérification/fuites tuyauterie	aux 200 h.	3
Vérification/ajustement du réducteur de pression du vérin	aux 500 h.	3
Vérification/Ajustement pression des engrenages	aux 1500 h.	\$,G
Vérification/analyse de vibration	aux 150 h.	1

etc...

- 1) critique pour le fonctionnement de l'atelier, (contrôle stat.)
- 2) soumis à des entretiens préventifs en vertu de la loi (inscrits dans les codes)
- 3) représente un danger de blessure ou d'accident ou encodé un risque pour la santé

\$) coût de remplacement élevé (pièce vitale ou maîtresse)

G) couvert par une garantie(exigences du fabricant)

Évidemment, ceci n'est qu'un exemple partiel de tout le travail qu'il faudrait effectuer pour tous les équipements et les aménagements de l'atelier en question. On finirait par obtenir la gamme d'entretien de chaque équipement ou aménagement à la lumière de toutes ces considérations et ceci servira de point de départ à l'élaboration du programme d'entretien (comme nous le verrons dans un module ultérieur). Dans ce programme, des considérations économiques viendront modifier à la hausse ou à la baisse ces fréquences (élaborées en fonction de facteurs strictement fonctionnels, dans un but de sécurité ou par souci de respect de la garantie, rappelons-le). Voilà qui complète ce survol d'un plan d'entretien préventif.

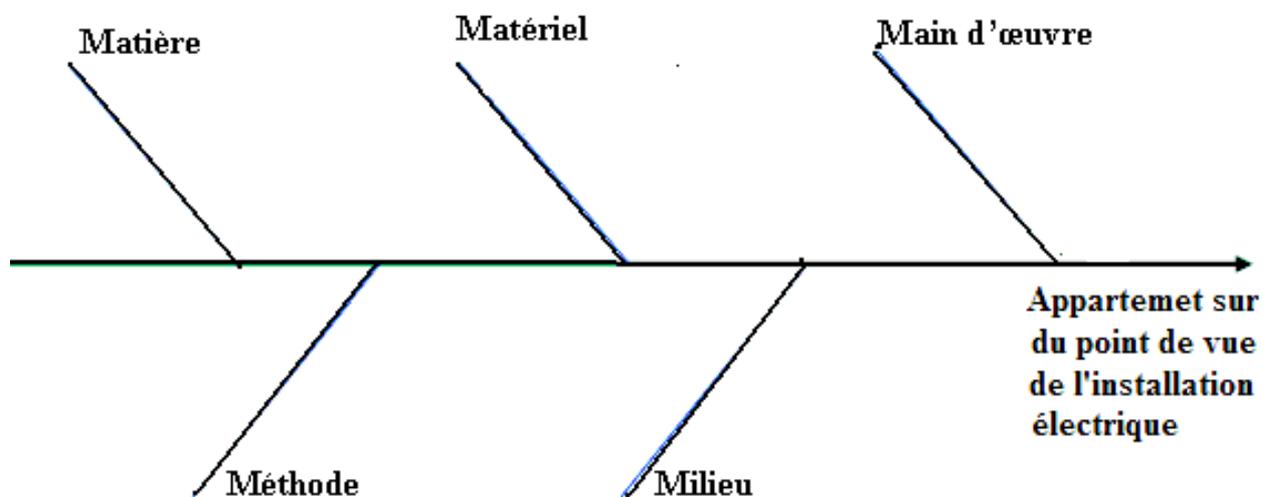
Évaluation de fin de module

Épreuve d'évaluation du module

Nom :
Prénom :
Spécialité :
Groupe :
Durée de l'épreuve : 2 h

1. Quels sont les domaines d'action et de responsabilité de la maintenance ?
2. Décrire les quatre modes d'organisation des travaux du département de la maintenance et leurs avantages et inconvénients.
3. Quels sont les « 5 S » de la TPM et en quoi consistent-ils ?
4. Dans un appartement d'une résidence, vous avez été amenée à faire une analyse des dangers possibles si on mise sous tension l'installation électrique. Vous avez utilisé le diagramme d'Ishikawa pour lister tous les dangers ayant un effet sur la sécurité des locataires.

Donner le diagramme d'Ishikawa que vous avez établi :



5. Pour maintenir une situation en sécurité la consignation d'une machine, un appareil ou une installation doit comporter quatre phases.
 - a) Quels sont les quatre phases ?
 - b) Quels sont les procédures de consignation spécifiques pour chaque phase si on vise une installation électrique ?
6. Définir le dossier technique et le dossier historique d'un équipement. Donner des détails de chaque un (réalisation, contenu, utilisation, etc...).
7. Elaborer le plan d'entretien préventive d'une perceuse à colonne ou d'une autre machine ou équipement de l'atelier d'électricité.