

République Algérienne Démocratique et Populaire



Université Badji Mokhtar Annaba



Faculté des sciences de l'ingénierat

Support de cours+TD: Stratégie de maintenance

**Adressé aux étudiants de Master 1
En Maintenance Industrielle
Département Electromécanique**

Proposé par: KHALFA Dalila

Département Electromécanique

2020

SOMMAIRE

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Programme du module

<i>Introduction Générale</i>	1
<i>Chapitre I. Analyse fonctionnelle</i>	3
❖ <i>Définition</i>	3
<i>I.1. Intérêt et but de l'analyse fonctionnelle</i>	3
<i>I.2. principe de l'analyse fonctionnelle</i>	4
<i>I.3. Notion de système</i>	6
<i>I.4 Type d'Analyse fonctionnelle</i>	6
<i>1.4.1. Analyse fonctionnelle du besoin « Analyse fonctionnelle externe »</i>	7
<i>II.4.2. Analyse fonctionnelle d'un produit « Analyse fonctionnelle technique »</i>	7
<i>I.5. Les fonctions</i>	8
<i>1.5.1. Caractéristiques des fonctions</i>	8
<i>1.5.2. Les différentes fonctions</i>	9
<i>1.6 .Outils d'analyse fonctionnelle</i>	11
<i>1.6.1 .Démarche de projet</i>	11
<i>I.6.2.Recherche de la fonction globale « Diagramme Bête à corne »</i>	11
<i>I.6.3. Recherche des fonctions de service « La Pieuvre »</i>	12
<i>1.6.4. Le tableau fonctionnel</i>	15
<i>1.6.5. Le F.A.S.T. : De la fonction globale à la solution</i>	16
❖ <i>Arborescence</i>	16
❖ <i>Schéma bloc</i>	16
❖ <i>Diagramme FAST « Fonction Analysais System Technique »</i>	17
<i>1.6.6. Le S.A.D.T : Analyse descendante et liens inter –fonctionnelle</i>	19
❖ <i>Démarche :</i>	20
<i>Figure 1. 18 . La fonction globale</i>	23
❖ <i>Règles pour l'analyse descendante</i>	23
❖ <i>Fonction globale du système</i>	24
<i>1.6.7. Cahier des Charges Fonctionnel « CdCF »</i>	25
<i>1.6.8. Logigramme</i>	27
<i>1.6.9. Schéma géographique</i>	28
<i>1.6.10. Schéma fonctionnel</i>	28

Sommaire

1.6.11. <i>L'outil « PERT »</i>	30
1.6.12. <i>Stratification</i>	34
1.7. <i>Normes et réglementations</i>	35
❖ <i>Les normes ISO 9000 : 2000</i>	35
❖ <i>Pourquoi une révision ?</i>	35
<i>Chapitre 2. Analyse des causes de défaillance</i>	37
2.1. <i>Diagramme de causes et effets</i>	37
2.2. <i>Diagramme de Pareto</i>	39
2.2.1. <i>Introduction</i>	39
2.2.2. <i>Fonction</i>	39
2.2.3. <i>Méthode</i>	39
2.2.4. <i>Cas particuliers de courbes</i>	40
<i>Chapitre 3. Optimisation et sécurisation d'un procès</i>	41
3.1. <i>Méthode AMDEC Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité</i>	41
3.1.1. <i>Types d'AMDEC</i>	41
3.1.2. <i>Terminologie</i>	42
3.1.3. <i>Caractéristiques essentielles de l'AMDEC</i>	42
3.1.4. <i>But de l'AMDEC</i>	43
<i>Valeur de F</i>	44
3.2. <i>Diagramme de Gantt ou « diagramme à barres »</i>	47
<i>Exemple : Diagramme de Gantt</i>	47
3.3. <i>Méthode Kanban</i>	48
3.3.1. <i>Fonctionnement de base</i>	48
B. <i>Relations Client/Fournisseur</i>	48
C. <i>Application au système Kanban</i>	48
D. <i>Composition d'un Kanban</i>	49
E. <i>Fonctionnement élémentaire</i>	49
F. <i>Le TOP (Tableau d'Ordonnancement de la Production ou tableau des Kanban)</i>	49
3.3.2. <i>Fonctionnement détaillé</i>	50
3.3.4. <i>Utilisation d'un TOP</i>	54
3.3.5. <i>Résultats attendus avec Kanban</i>	55
3.4. <i>Autodiagnostic</i>	58
<i>Autodiagnostic Et Appréciation de la compétitivité</i>	58
<i>Chapitre 4 : Gestion des premières étapes d'une analyse</i>	59
4.1. <i>Diagramme KJ</i>	59
<i>Pourquoi utiliser un diagramme des affinités ?</i>	59

Sommaire

<i>Comment puis-je utiliser le diagramme des affinités?</i>	60
<i>De quoi on a besoin pour créer un diagramme des affinités?</i>	60
<i>4.2. Analyse de la variance « les 5 why's , écarts »</i>	61
❖ <i>Fonctionnement</i>	61
<i>Précautions d'emploi</i>	61
<i>4.3. Brainstorming « Le jaillissement des idées »</i>	63
<i>4.4. Matrice auto-qualité</i>	64
❖ <i>Les moyens de l'auto-qualité</i>	64
❖ <i>Objectifs</i>	64
<i>4.5. Analyse de la valeur « optimisation de produit ou processus ROI »</i>	65
<i>4.5.1. Définition</i>	65
<i>4.5.2. Objectif de la méthode</i>	65
<i>4.5.3. Déroulement et modalités d'organisation</i>	65
<i>4.5.4. Moyens à mobiliser et délais de mise en œuvre</i>	66
Partie TD	
<i>Analyse fonctionnelle</i>	68
<i>Partie I.1. Etude fonctionnelle d'un produit</i>	68
<i>Exercice 1 : Store automatique</i>	68
<i>Exercice 2 : Sous station de réception par satellite des programmes TV</i>	70
<i>Partie I.2. Phase de planification « Diagramme de PERT »</i>	72
<i>Analyse des causes de défaillance</i>	75
<i>2.1 Diagramme de causes et effets</i>	75
<i>2.2. Diagramme de Pareto</i>	77
<i>COptimisation et sécurisation d'un procès</i>	79
<i>III.1 Méthode AMDEC</i>	79
<i>III.2 Diagramme de Gantt</i>	86
<i>III.3 Méthode Kanban</i>	90
<i>Chapitre IV : Gestion des premières étapes d'une analyse</i>	93
<i>rèferences bibliographiques</i>	

LISTE DES FIGURES

Chapitre I. Analyse fonctionnelle

<i>Figure 1. 1. Équipement de l'analyse fonctionnelle</i>	5
<i>Figure 1. 2. Expression des besoins.....</i>	7
<i>Figure 1. 3.Fonctions définies par l'analyse fonctionnelle du besoin</i>	9
<i>Figure 1. 4. Association ordonnée des fonctions d'un produit.....</i>	10
<i>Figure 1. 5.relation entre produit et milieu extérieur</i>	10
<i>Figure 1. 6.relation entre deux milieux extérieurs</i>	11
<i>Figure 1. 7 .les différents étapes du cycle de vie</i>	11
<i>Figure 1. 8 .diagramme bête à corne.....</i>	12
<i>Figure 1. 9 .les fonctions du service</i>	13
<i>Figure 1. 10 .les différents fonctions d'un service.....</i>	14
<i>Figure 1. 11 . Décomposition d'une fonction ou ensemble</i>	16
<i>Figure 1. 12 .les schémas blocs</i>	17
<i>Figure 1. 13 .Diagramme fonctionnelle de la methote FAST</i>	18
<i>Figure 1. 14 . Structure d'analyse et conception technique.....</i>	20
<i>Figure 1. 15 .Finalité d'un système technique</i>	21
<i>Figure 1. 16 . Hiérarchie des niveaux</i>	22
<i>Figure 1. 17 . Hiérarchie des diagrammes</i>	22
<i>Figure 1. 18 . La fonction globale</i>	23
<i>Figure 1. 19 .Fonction globale du système</i>	24
<i>Figure 1. 20.schéma bloc fonctionnel.....</i>	29

Chapitre 2. Analyse des causes de défaillance

<i>Figure 2. 1.Diagramme cause et effet « Diagramme d'Ishikawa »</i>	38
--	----

Chapitre 3. Optimisation et sécurisation d'un procès

<i>Figure 3. 1. Modélisation du système industriel.....</i>	48
<i>Figure 3. 2. Relation Client/Fournisseur</i>	48
<i>Figure 3. 3.Composition d'un Kanban.....</i>	49
<i>Figure 3. 4. Structure d'un TOP</i>	54
<i>Figure 3. 5.Exemple de TOP.....</i>	54

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I. Analyse fonctionnelle

<i>Tableau 1. 1.tableau regroupant la caractérisation des fonctions</i>	15
---	----

Chapitre 3. Optimisation et sécurisation d'un procès

<i>Tableau 3. 2– Indice de fréquence F</i>	44
<i>Tableau 3. 2– Indice de gravité G</i>	44
<i>Tableau 3. 3– Indice de non détection D</i>	45
<i>Tableau 3. 4. Tableau d'ordonnancement de la production du poste de travail M</i>	50
<i>Tableau 3. 5. Tableau d'ordonnancement de la production du poste de travail M</i>	50

Semestre: 1

Unité d'enseignement: UEF 1.1.1

Matière 1: Stratégie de Maintenance

VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Donner aux étudiants des éléments pour analyser et opter pour une des types de maintenance et avoir des notions générales sur la maintenance.

Apéritif

Connaissances préalables recommandées :

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Analyse fonctionnelle (4 semaines)

- 1.1 Intérêt et but de l'analyse fonctionnelle
- 1.2 Principes de l'analyse fonctionnelle
- 1.3 Notion de système
- 1.4 Types d'analyses fonctionnelles
 - 1.4.1 L'analyse fonctionnelle du besoin
 - 1.4.2 L'analyse fonctionnelle du produit
- 1.5 Fonctions
 - 1.5.1 Caractéristiques des fonctions
 - 1.5.2 Les différentes fonctions
 - 1.5.2.1 Fonction principale (ou fonction d'usage)
 - 1.5.2.2 Fonction contrainte
 - 1.5.2.3 Fonction complémentaire
- 1.6 Outils d'analyse fonctionnelle
 - 1.6.1 Démarche de projet
 - 1.6.2 La Bête à corne : Recherche de la fonction globale
 - 1.6.3 La Pieuvre
 - 1.6.4 Le tableau fonctionnel
 - 1.6.5 Le F.A.S.T. : De la fonction globale à la solution
 - 1.6.6 Le S.A.D.T. : Analyse descendante et liens inter – fonctionnelle
 - 1.6.7 C.D.C.F. Cahier des charges fonctionnel
 - 1.6.8 Logigramme
 - 1.6.9 Schéma géographique

Liste des tableaux

- 1.6.10 Schéma fonctionnel
- 1.6.11 L'outil « PERT »
- 1.6.12 Stratification

1.7 Normes et réglementations

Chapitre 2 : Analyse des causes de défaillance **(3 semaines)**

- 2.1 Diagramme de causes et effets
- 2.2 Diagramme de Pareto

Chapitre 3 : Optimisation et sécurisation d'un procès **(3 semaines)**

- 3.1 Méthode AMDEC
- 3.2 Diagramme de Gantt
- 3.3 Méthode Kanban
- 3.4 Autodiagnostic

Chapitre 4 : Gestion des premières étapes d'une analyse **(5 semaines)**

- 4.1 Diagramme KJ
- 4.2 Analyse de la variance
- 4.3 Brainstorming
- 4.4 Matrice auto-qualité
- 4.5 Analyse de la valeur

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. *Jean-Claude Francastel, La fonction maintenance : De l'expression à la satisfaction du besoin, Editeur AFNOR, 2007.*
2. *Pascal Denis , Pierre Boye , André Bianciotto, Guide de la maintenance industrielle, Eds DELAGRAVE, 2008.*
3. *Dunod, Pratique de la maintenance industrielle en 5 volumes - Méthodes, Outils, Applications : CDROM, Eds Dunod, 2006.*

INTRODUCTION GENERALE

Ce polycopié de cours du module " stratégie de maintenance " s'adresse aux étudiants de première année Master maintenance industrielle, du Département d'Electromécanique de la Faculté des Sciences de l'ingénierat Université **Badji Mokhtar** Annaba.

Pour comprendre cet exposé, des connaissances de base sur la maintenance sont nécessaires.

Le présent module d'apprentissage a pour but d'initier aux principes fondamentaux de la stratégie de maintenance. Les sous-sections présentent la terminologie de base de la stratégie de maintenance et de la gestion de projet, décrivent les particularités des projets réussis et offrent des conseils pratiques pour la création d'un plan de gestion simple et utile, à la réalisation de projet pilote d'apprentissage communautaire.

La gestion de projet est l'utilisation d'un savoir, d'habiletés, d'outils et de techniques dans le cadre des activités d'un projet, en vue de satisfaire ou de dépasser les exigences et les attentes des parties prenantes à l'égard d'un projet. Le gestionnaire de projet, parfois appelé coordonnateur ou chef de projet, en administre les détails, au jour le jour. Il s'agit là d'un défi constant qui demande une compréhension du contexte plus général du projet et la capacité de concilier des exigences contradictoires telles que :

- ❖ Les ressources disponibles et les attentes;
- ❖ Les priorités différentes des parties prenantes;
- ❖ Les besoins définis et à la portée du projet;
- ❖ La qualité et la quantité.

Nombre d'outils et de techniques de gestion de projet ont été mis au point dans ce polycopié. Les chapitres suivants présentent quelques-unes des techniques qui, s'ajoutant à la créativité et à les efforts, serviront de fondement à un projet d'apprentissage réussi.

Voici quelques outils et méthodes de stratégie de maintenance et de gestion des projets :

a. outils d'analyse des performances

- Carte de contrôle
- Contrôle Statistique de Processus

b. outils pour cadrer le pilotage

- Roue de Deming
- Méthode Six Sigma
- Cercles de Qualité

c. outils d'analyse d'un fonctionnement

- Logigramme

- Schéma géographique
- Schéma fonctionnel
- L'outil « PERT »
- Stratification

d. outils pour rechercher les causes des défauts et qualifier leur impact

- Diagramme de causes et effets
- Méthode des 5 pourquoi
- Diagramme de Pareto
- Histogramme
- Le QQQQCCP

e. outils pour choisir la solution appropriée

- Matrice de compatibilité
- Démarche 8D ou 8 Do
- Arbre de décisions

f. outils pour optimiser – sécuriser un process

- AMDEC
- Diagramme de Gantt
- Kanban
- Poka Yoké
- 5S
- Kaizen
- Autodianostic
- Lean

g. outils pour gérer les premières étapes d'une analyse

- Diagramme KJ
- Analyse de la variance
- Brainstorming
- Matrice auto-qualité
- Analyse de la valeur « Analyse Fonctionnelle »

Les outils soulignés vont être bien détaillé avec une partie TD dans ce polycopié.

CHAPITRE I. ANALYSE FONCTIONNELLE

❖ Définition

D'après la norme AFNOR NF X 50-151, l'analyse fonctionnelle est une démarche qui consiste à rechercher, ordonner, caractériser, hiérarchiser et valoriser les fonctions du produit attendu par l'utilisateur.

L'analyse fonctionnelle s'applique à la création ou à l'amélioration d'un produit, elle est dans ce cas l'étape fondamentale de l'analyse de la valeur.

Appliquée au seul besoin, elle est la base de l'établissement du Cahier des Charges Fonctionnel Besoin. Selon qu'on s'intéresse aux fonctions de service ou qu'on s'intéresse aux fonctions techniques, on parle d'analyse fonctionnelle externe ou interne.

I.1. Intérêt et but de l'analyse fonctionnelle

L'analyse descriptive d'un équipement consiste à répertorier, souvent à partir d'un schéma qui doit être connu à l'avance, ses différents organes en précisant leurs rôles respectifs afin d'en déduire le principe de fonctionnement et ses conditions d'utilisation. Mais cette méthode figée, rencontre rapidement ses limites, car si elle est suffisante pour les appareils standards et bien connus, elle permet difficilement de faire face à l'évolution des technologies et à l'apparition de nouveaux équipements, de plus en plus caractérisés par :

- Des cycles de vie très courts
- Une forte évolutivité fonctionnelle
- Une faible pérennité des solutions techniques

Dans l'analyse fonctionnelle d'un équipement, l'objet technique remplit une fonction déterminée qui répond au besoin d'un utilisateur lui-même conditionné par différents facteurs « techniques, économiques, réglementaires, sociologiques... ».

La fonction ainsi déterminée est décomposée en sous - fonctions de plus en plus simples auxquelles on apportera des solutions techniques.

Ces fonctions sont définies en termes de finalités sans aucun apriori de solutions.

I.2. principe de l'analyse fonctionnelle

L'objet de la démarche fonctionnelle peut être ***un produit technologique*** ou non, mais aussi ***un service, un processus, un projet, une organisation, une entreprise*** ...

Il est possible de mener l'étude fonctionnelle d'un logement, de son installation de chauffage, de la conception de son éclairage, de son système de ventilation, du réfrigérateur ou du four qui équipe sa cuisine mais aussi de la distribution d'eau potable d'une ville, d'une crèche municipale ... etc, voire même d'un groupe ou d'une organisation sociale.

Chaque objet technique « appareil » ou système étudié remplit une fonction globale d'usage « ou fonction de service » pour répondre à un besoin spécifique de l'utilisateur. Dans un contexte donné, ce besoin est déterminé par des contraintes matérielles, techniques, réglementaires, économiques, sociologiques ... qu'il convient de préciser. Par exemple :

Contraintes matérielles : alimentation en énergie, alimentation en eau, évacuations, dimensions, conception du local...

Contraintes techniques : performances, capacité, consommation d'énergie, calorifugeage, durée de vie, robustesse, dimensions, bruit ...

Contraintes économiques : coûts d'achat, de fonctionnement, des accessoires indispensables, de l'entretien et de la maintenance ...

Contraintes professionnelles : type et importance de la production, concept et procès de production, méthode de travail, types de produits utilisé, nombre de repas, fréquence d'utilisation, certification et respect des normes, formation et adaptation des utilisateurs ou du personnel ...

Contraintes d'hygiène, de sécurité et d'ergonomie : respect des réglementations en vigueur, respect de la marche en avant, facilité d'entretien, limitation et traitement des nuisances et des émissions de polluant, ambiances thermique, lumineuse et sonore, conditions de travail... etc.

Cette fonction d'ensemble est décomposée en fonctions techniques principales qui sont indispensables à la réalisation du service attendu et en fonctions techniques complémentaires « ou secondaires » qui, elles, ne lui sont pas absolument nécessaires mais qui améliorent les performances de l'appareil ou apportent à l'utilisateur confort et simplicité d'utilisation, sécurité, facilité d'entretien ... etc.

Les solutions techniques sont la traduction matérielle « dispositifs ou organes de l'appareil » de chaque fonction technique.

❖ Démarche générale

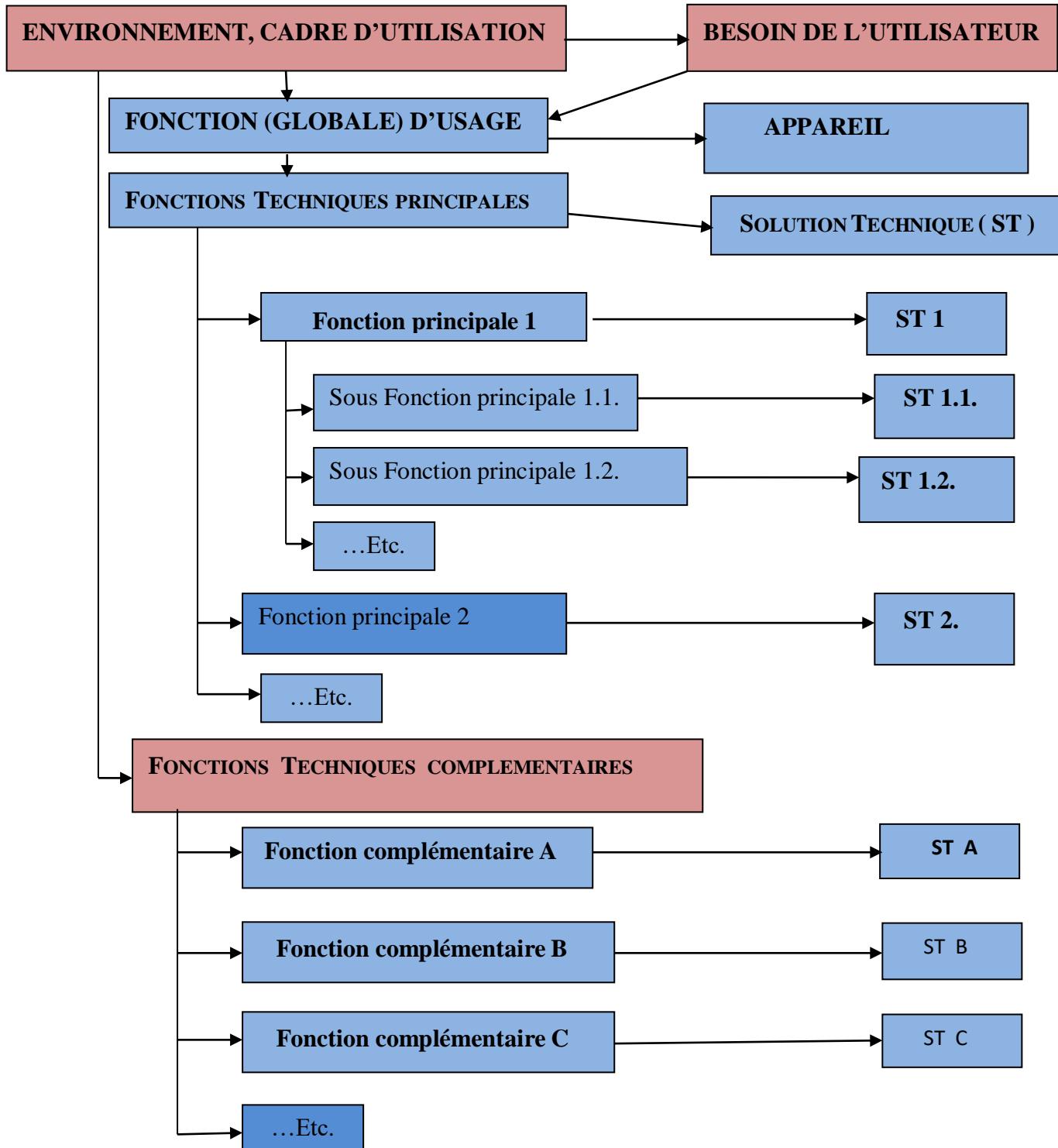


Figure 1. 1. Équipement de l'analyse fonctionnelle

1.3. Notion de système

Un système est un ensemble d'éléments formant un tout structuré satisfaisant plusieurs besoins cohérents.

C'est un ensemble vaste où l'on trouve souvent tous les types de produits représentés « matériel, processus, service ».

De nombreux systèmes existent dans la nature. L'homme en est un, la société un autre.

Le système qui nous intéresse particulièrement est le système artificiel. Celui-ci est conçu puis mis en œuvre par l'homme.

Un système se définit par six éléments :

- ❖ ***trois externes*** : objectifs, environnement et évolution,
- ❖ ***trois internes*** : composants, structures, fonctions.

Concevoir un système c'est définir l'ensemble de ces six éléments.

I.4 Type d'Analyse fonctionnelle

Lorsque l'analyse fonctionnelle concerne l'usage d'un produit, c'est à dire les fonctions qu'il doit assurer pour satisfaire le besoin du client, le produit peut être considéré comme une boîte noire et seules les fonctions qui « sortent » de la boîte vers l'extérieur sont à prendre en considération.

Cette forme d'analyse est intitulée analyse fonctionnelle externe ou expression fonctionnelle du besoin.

Elle exprime le point de vue du client utilisateur et met en évidence les fonctions de service ou d'estime.

Le produit : est ce qui est fourni à l'utilisateur pour répondre à un besoin.

Le besoin : est la nécessité ou le désir éprouvé par un utilisateur.

On peut classer les produits suivant 3 catégories

<u>Processus</u>	<u>Service</u>	<u>Matériel</u>
⇒ Processus industriel en cours d'étude « usine de fabrication,... » ⇒ Processus administratif « demande de passeport,... »	⇒ Activité qui ne produit pas directement des biens concrets « Banque, Lycée,... »	⇒ Fluide « Gaz ou Liquide » ⇒ Matière première « pétrole, minerai de fer ⇒ Objet « scooter, ordinateur »

Figure 1. 2. Expression des besoins

1.4.1. Analyse fonctionnelle du besoin « Analyse fonctionnelle externe »

Dans la société d'aujourd'hui, les individus sont amenés à acheter des produits, pour réaliser un rêve, satisfaire une envie ou pour répondre à un besoin. Les entreprises réalisent donc des produits pour satisfaire le besoin du client. Le client sera content si le produit qu'il achète satisfait son besoin. Au cours du temps les besoins évoluent : de "répondre à une conformité d'usage (1960)", en passant par "répondre à une conformité de coût (1980)" ou encore "répondre à une exigence d'innovation (1980-1980)", les besoins se tournent aujourd'hui vers une exigence d'environnement. Cette évolution des besoins va de pair avec l'évolution des produits, des processus de fabrication des produits

L'entreprise doit anticiper ces évolutions.

Dictionnaire : « Un besoin est une exigence qui naît de la nature, de la vie sociale ou Economique »

II.4.2. Analyse fonctionnelle d'un produit « Analyse fonctionnelle technique »

Un produit est une réalisation de l'homme, il n'est pas le fruit de la nature : il a été imaginé et réalisé pour satisfaire un besoin de l'homme (exemple : une loi, un tableau, une voiture...).

Un produit peut être :

- Un objet
- Un processus
- Un service

On se limitera dans ce cours à l'analyse aux produits industriels, c'est-à-dire aux produits qui sont le fruit de l'activité d'homme au sein d'un groupe socialement organisé pour cette réalisation et soumis aux impératifs des techniques et des coûts.

L'analyse d'un produit est une méthode d'étude qui permet d'en discerner ses différentes parties afin de mieux les comprendre, les traiter, les exploiter.

D'où une méthode d'analyse fonctionnelle structurée descendante qui consiste à recenser, caractériser, ordonner, hiérarchiser et valoriser les fonctions d'un produit.

L'analyse fonctionnelle d'un produit a deux champs d'application :

- L'expression fonctionnelle du besoin
- L'étude et la compréhension du produit quant à la manière dont il satisfait L'usage attendu, c'est une analyse fonctionnelle technique.

1.5. Les fonctions

Une fonction, toujours exprimée en termes de finalité, est une action réalisée par tout ou partie du produit.

1.5.1. Caractéristiques des fonctions

Pour cette analyse le produit doit être placé dans son contexte normal d'utilisation la fonction d'usage telle que l'utilisateur l'exprime regroupe des fonctions de service qui contribuent directement à la satisfaction de son besoin, et des fonctions d'estime qui sont des appréciations favorables qu'il porte sur le produit.

Les fonctions principales sont les composantes de la fonction globale, elles traduisent les relations que le produit assure entre les éléments extérieurs.

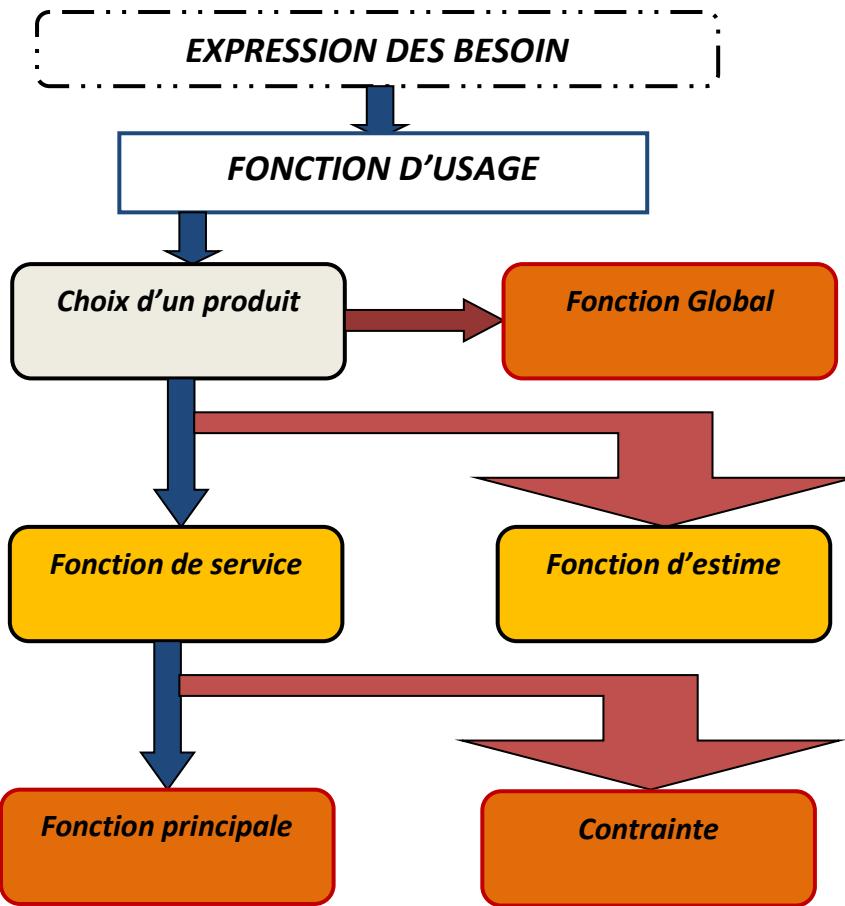


Figure 1. 3. Fonctions définies par l'analyse fonctionnelle du besoin

1.5.2. Les différentes fonctions

Le besoin est exprimé, caractérisé et validé, on parle de **Prestation**, il est maintenant possible de procéder à l'analyse fonctionnelle du besoin.

Pour satisfaire la fonction d'usage exprimée par l'utilisateur le produit présente une fonction globale ou fonction de base.

- Les fonctions principales (FP) sont les composantes de cette fonction globale.
- Les fonctions techniques (FT), internes au produit, assurent les fonctions principales.
- À chaque fonction technique correspond une solution technique (ST), ou
- Solution constructive (SC), proposée par le concepteur du produit

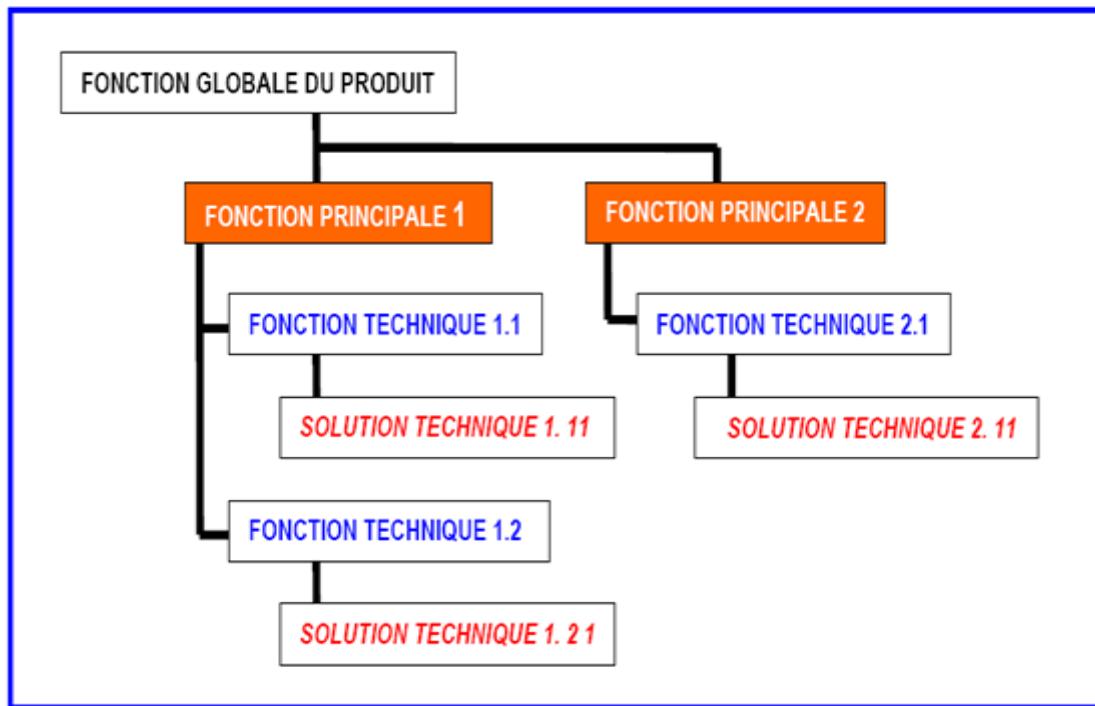


Figure 1. 4. Association ordonnée des fonctions d'un produit

Le besoin en termes de fonction de service (**FS**) ou fonction d'usage (**FU**) d'un produit se décompose en fonctions principales (**FP**) et en fonctions contraintes (**FC**), on a alors :

$$FS=FP+FC \text{ ou } FU=FP+FC$$

1.5.2.1 .Les fonctions principales : les **FP** mettent en évidence les relations créées par le produit entre les éléments de son milieu extérieur.

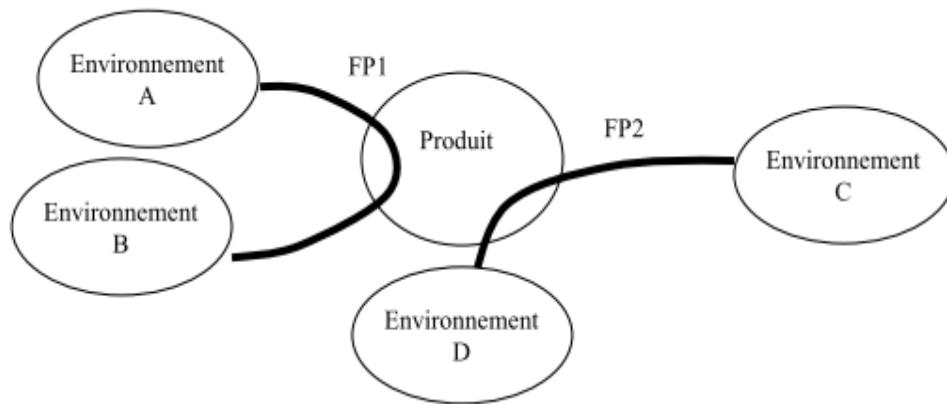


Figure 1. 5. relation entre produit et milieu extérieur

1.5.2.2. Les fonctions contraintes : les **FC** expriment une exigence particulière vis-à-vis le produit. Le niveau d'exigence se caractérise par :

- Des critères qui caractérisent la fonction

- Un niveau qui définit à quel moment le critère est atteint « seuil, valeur... »
- Une flexibilité ou une pondération, qui associe au niveau d'une marge de tolérance.

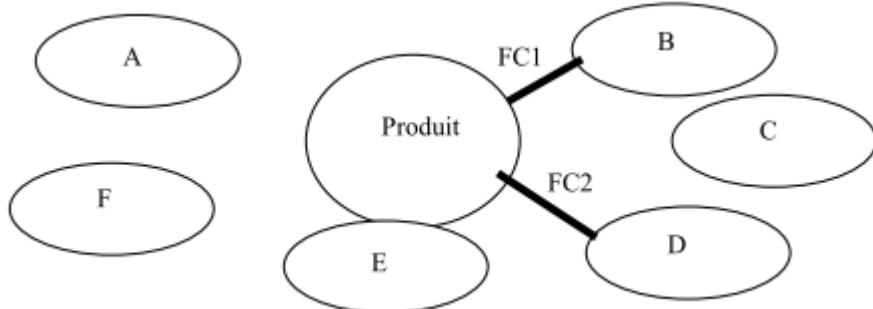


Figure 1. 6.relation entre deux milieux extérieurs

1.5.2.3. Les fonctions complémentaires :

1.6 .Outils d'analyse fonctionnelle

1.6.1 .Démarche de projet

Cycle de vie d'un produit : Les principales phases du cycle de vie d'un système sont les suivantes



Figure 1. 7 .les différents étapes du cycle de vie

Chaque étape est caractérisée par des objectifs, des contraintes et des risques propres.

Leur expression et leur caractérisation, lors de l'étape initiale de spécification, sont des points clés pour la réussite et le bon devenir du système.

Dans certains types de produits ou systèmes, on peut aussi mettre en évidence les phases d'étude de marché, de commercialisation, d'entretien, de recyclage, ...

1.6.2. Recherche de la fonction globale « Diagramme Bête à corne »

Pour définir le besoin éprouvé par l'utilisateur pour un produit, il faut répondre à 3 questions, celles-ci étant généralement regroupées dans un graphique appelé familièrement « bête à corne ».

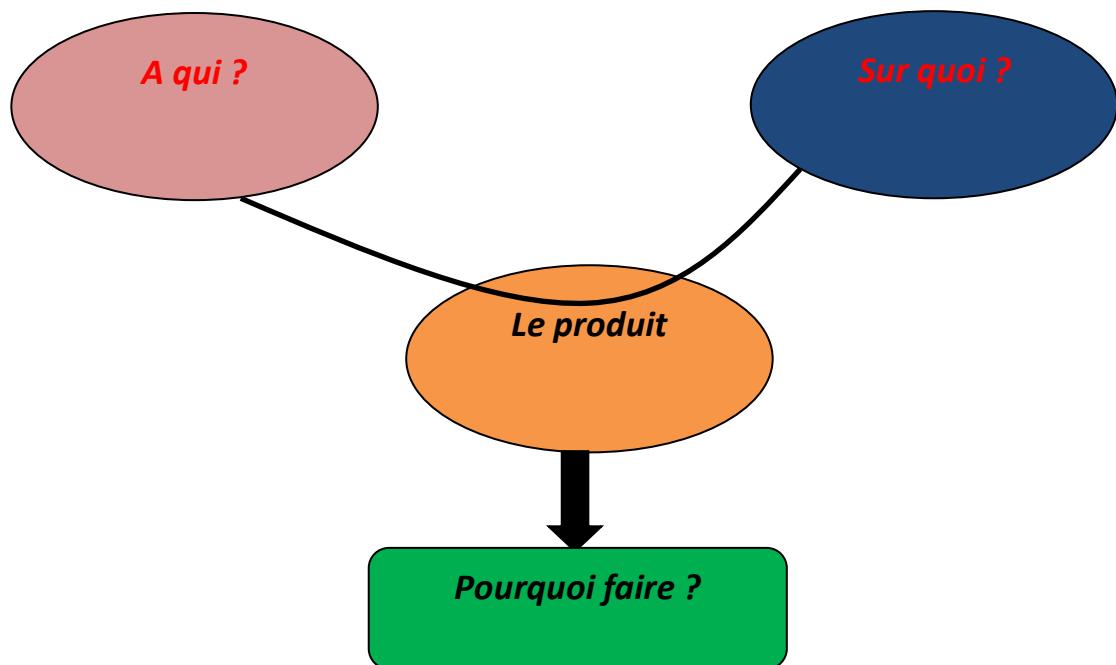


Figure 1. 8 .diagramme bête à corne

Il faut ensuite valider le besoin en répondant aux questions suivantes :

Pourquoi le besoin existe-t-il ?

Qu'est-ce qui pourrait faire évoluer le besoin ?

Quels sont les risques de voir disparaître le besoin ?

I.6.3. Recherche des fonctions de service « La Pieuvre »

Une fonction de service est l'action d'un produit ou de l'un de ses constituants, exprimé exclusivement en termes de finalité, indépendamment des moyens matériels utilisés.

Graphe des fonctions de service « ou des intégrateurs », pour une phase d'utilisation. La définition des relations entre le produit et les éléments du milieu extérieur est généralement une "histoire" de spécialistes, qui "racontent" l'utilisation du produit, pour envisager toutes les interactions avec l'extérieur. On peut alors construire le graphe des intégrateurs.

Les Eléments du Milieu Extérieur (EME) peuvent être de différente nature :

- Physique (relatif à des matériaux, au milieu ambiant...)
- Humain (relatif à l'ergonomie, au poids, à la maintenance...)

Technique (relatif à la source d'énergie...)

Ils sont nommés afin de pouvoir être identifiés facilement

Les relations sont les fonctions de service du produit.

❖ **Relations entre deux EME par l'intermédiaire du produit :**

Ce sont les fonctions principales ou fonctions d'usage. Elles satisfont le besoin, elles assurent la prestation.

Relation entre un EME et le produit, ce sont des fonctions contraintes ou fonctions d'adaptation. Elles caractérisent l'adaptation et l'action du produit à l'environnement ou les contraintes de l'environnement sur le produit.

❖ **Les fonctions de services sont numérotées**

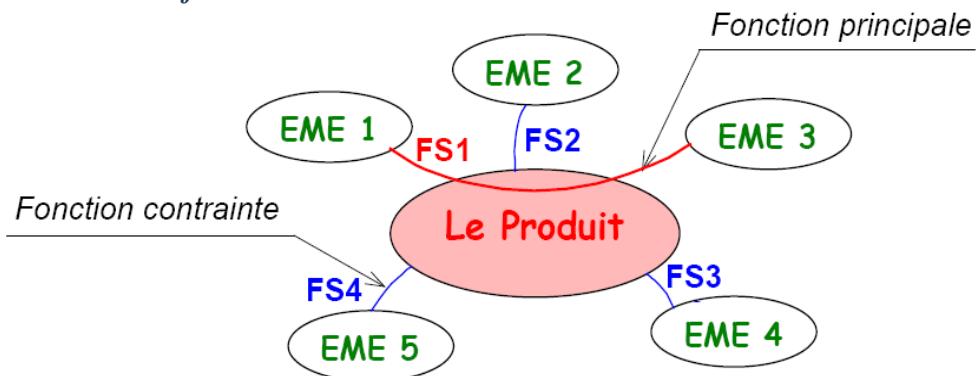


Figure 1. 9 .les fonctions du service

Bien que les relations ne soient pas orientées, on peut distinguer :

- Les relations qui indiquent que le produit modifie l'état de l'EME
- les relations qui indiquent que le produit est modifié par l'EME

❖ **La formulation des fonctions de service est normalisée :**

Un verbe ou un groupe verbal pour caractériser l'action ; des compléments représentant les éléments du milieu extérieur concernés. La Norme « NF X 50 – 150 » dit :

- ✓ Une fonction est l'action d'un produit exprimé exclusivement en terme de finalité"
- ✓ La formulation doit être indépendante des solutions susceptibles de la réaliser.
- ✓ Une fonction de service est l'action attendue d'un produit « ou réalisée par lui » pour répondre à un élément du besoin. D'un utilisateur donné"

Il faut souvent plusieurs fonctions de service pour répondre à un besoin ;

- ✓ Les fonctions de service comprennent les fonctions d'usage « partie rationnelle du besoin » et les fonctions d'estime « partie subjective du besoin »

- ✓ le graphe des intégrateurs est établi pour une phase d'utilisation, au cours de la durée de vie d'un produit, il y aura donc autant de graphes que de phases.
- ✓ Caractérisation des fonctions de service attendues comme pour le besoin, il faut maintenant caractériser les fonctions de service :
 - ✓ Qualifier par des mots les critères de performance de l'action décrite par le verbe. Il s'agit d'identifier la grandeur physique qui évolue, et de préciser le critère qui va permettre son évaluation.
 - ✓ Quantifier pour chaque critère le niveau de performance et les limites d'acceptabilité.

❖ **Fonctions de service**

Elles peuvent être classées en deux catégories :

Fonction principale : FP « ou fonction d'Interaction FI »

C'est une fonction de service qui justifie la création du produit.

Fonction principale : FP = Action + milieu Extérieur 1 + milieu Extérieur 2

Elle s'exprime par une phrase comprenant un verbe d'action à l'infinitif et deux milieux extérieurs.

Exemple : FC1 : Griller du pain à partir d'une énergie électrique

Fonction contrainte : FC « ou fonction d'adaptation FA » C'est une fonction de service qui limite la liberté du concepteur

Fonction contrainte : FC = Action + milieu Extérieur

Elle s'exprime par une phrase comprenant un verbe d'action et un milieu extérieur.

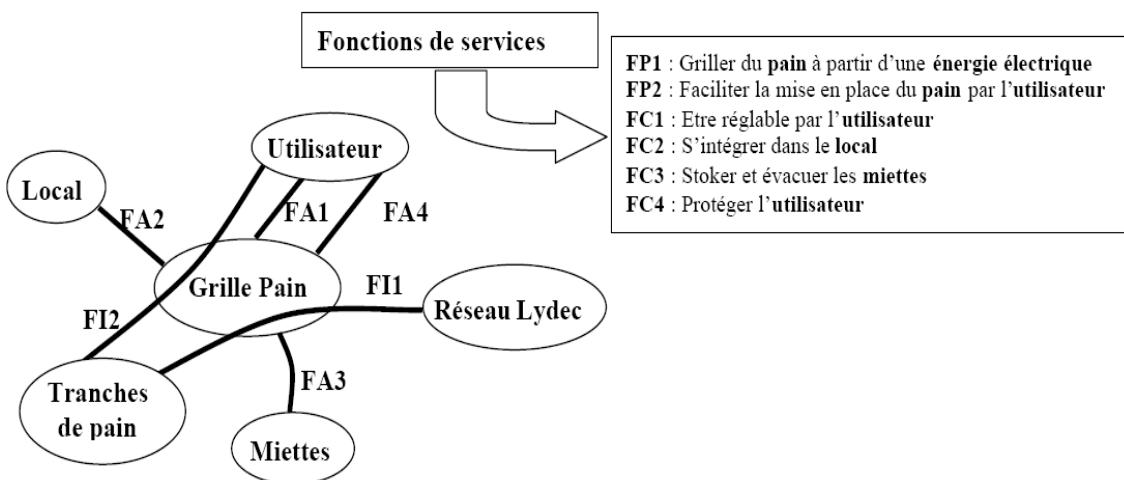


Figure 1. 10 .les différents fonctions d'un service

1.6.4. Le tableau fonctionnel

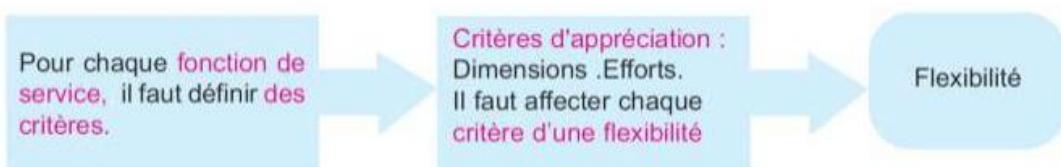
Le tableau fonctionnel permet une présentation des caractéristiques des fonctions, sachant que :

Tableau 1. 1.tableau regroupant la caractérisation des fonctions

N°	Expression	Critère	Niveau	Limite

Niveau + Limite = Valeur

➤ *Exemple : tondeuse à gazon*



F.S	EXPRESSION	CRITERES D'APPRECIATIONS	NIVEAUX - FLEXIBILITE
FP1	Permettre à l'utilisateur de diminuer la hauteur de l'herbe.	Hauteur Netteté de coupe	20 mm ± 5 mm Sans arrachement
FP2	Permettre à l'utilisateur d'évacuer les déchets de l'herbe.	Volume Temps Accès et facilité	1 / 8 m ³ ± 10 % 2 mn ± 10 %
FC1	Respecter l'environnement.	Bruit	60 dB ± 6dB
FC2	Plaire à l'œil	Couleur Forme	Choix en fonction de la sensibilité de l'utilisateur
FC3	Fonctionner malgré les divers obstacles	Efforts Poids	3daN ± 10% 15 Kg +0 -10%
FC4	Résister à l'ambiance extérieure	La corrosion	Pas de corrosion tolérée
FC5	Assurer la sécurité	Isolation Bruit	Norme 60 dB ± 6dB

1.6.5. Le F.A.S.T. : De la fonction globale à la solution

Pour réaliser les fonctions de service énoncées précédemment, un produit est constitué de composants, de pièces mécaniques,... Ces ensembles de pièces réalisent des fonctions techniques permettant de satisfaire les fonctions de service.

Il s'agit cette fois de l'étude des fonctions de services réalisées « et non plus attendues » à partir des solutions techniques proposées par l'entreprise pour réaliser le produit. On se place du point de vue de l'exploitant ou du concepteur.

Fonction de service: Action attendue par un produit « ou réalisée par lui pour répondre au besoin d'un utilisateur donné ».

Fonction technique: Action interne au produit permettant d'assurer les fonctions de service « fonction liaison, étanchéité, lubrification, ... ».

Pour réaliser cette phase d'analyse fonctionnelle du produit, on dispose de plusieurs outils, que nous allons décrire ci-dessous.

❖ Arborescence

Cet outil permet de hiérarchiser des fonctions ou des composants.

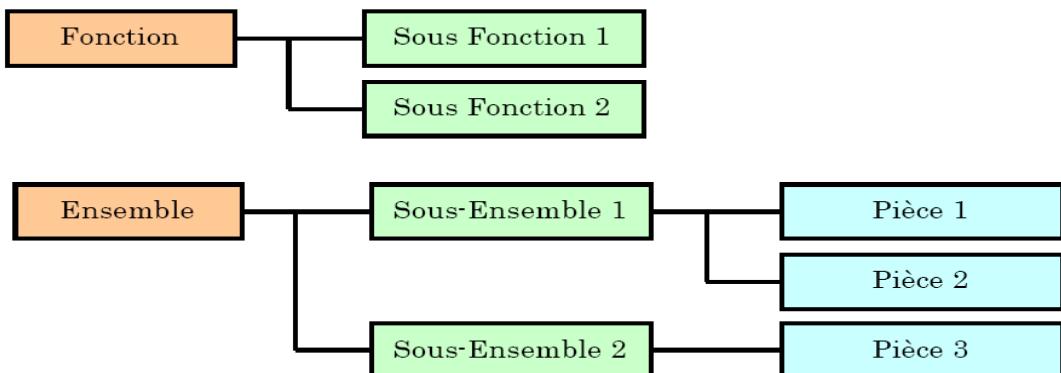


Figure 1. 11 . Décomposition d'une fonction ou ensemble

❖ Schéma bloc

Cet outil permet de découper le système en bloc fonctionnel et de suivre l'évolution des paramètres entrants et sortants de chaque bloc.

Par exemple, dans le cas du grille-pain, on aurait :

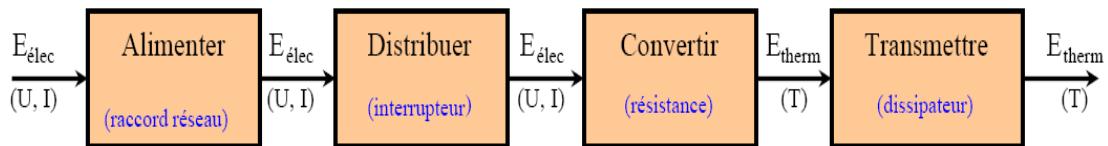


Figure 1. 12 .les schémas blocs

❖ *Diagramme FAST « Fonction Analysais System Technique »*

Cet outil permet, à partir d'une fonction de service, par un questionnement, d'aboutir aux fonctions techniques et aux solutions constructives associées

La méthode F.A.S.T. est un outil graphique qui permet de détailler les fonctions techniques et les solutions associées. Organisé de la gauche vers la droite, partant d'une fonction de service, le diagramme F.A.S.T. recense toutes les fonctions techniques et pour finir il présente les solutions technologiques définies.

Il est basé sur une méthode interrogative : pour chaque fonction technique indiquée dans un rectangle on doit pouvoir trouver autour les réponses aux questions définies ci-dessous.

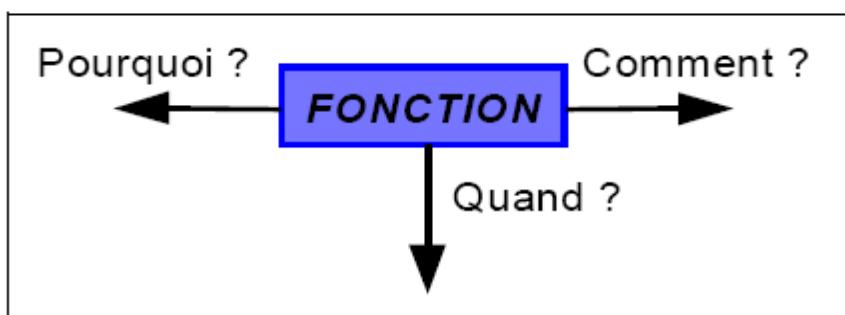
Pourquoi une fonction doit-elle être assurée ?

Comment cette fonction doit-elle être assurée ?

Quand cette fonction doit-elle être assurée ?

Lecture d'un digramme FAST :

- Horizontalement (de la gauche vers la droite) : on se pose la question comment est réalisée la fonction.
- Horizontalement (de la droite vers la gauche) : on se pose la question dans quel but est réalisée la fonction.
- Verticalement : on se pose la question quand est réalisée la fonction.



Les règles de syntaxe sont les suivantes :

Les nombres de lignes et de colonnes ne sont pas fixés, ils dépendent du système.

La rubrique **Quand** n'est généralement pas spécifiée, pour une description fonctionnelle.

Pour la question **Comment** ? Il y a généralement plusieurs éléments de réponse, deux possibilités sont alors prévues :

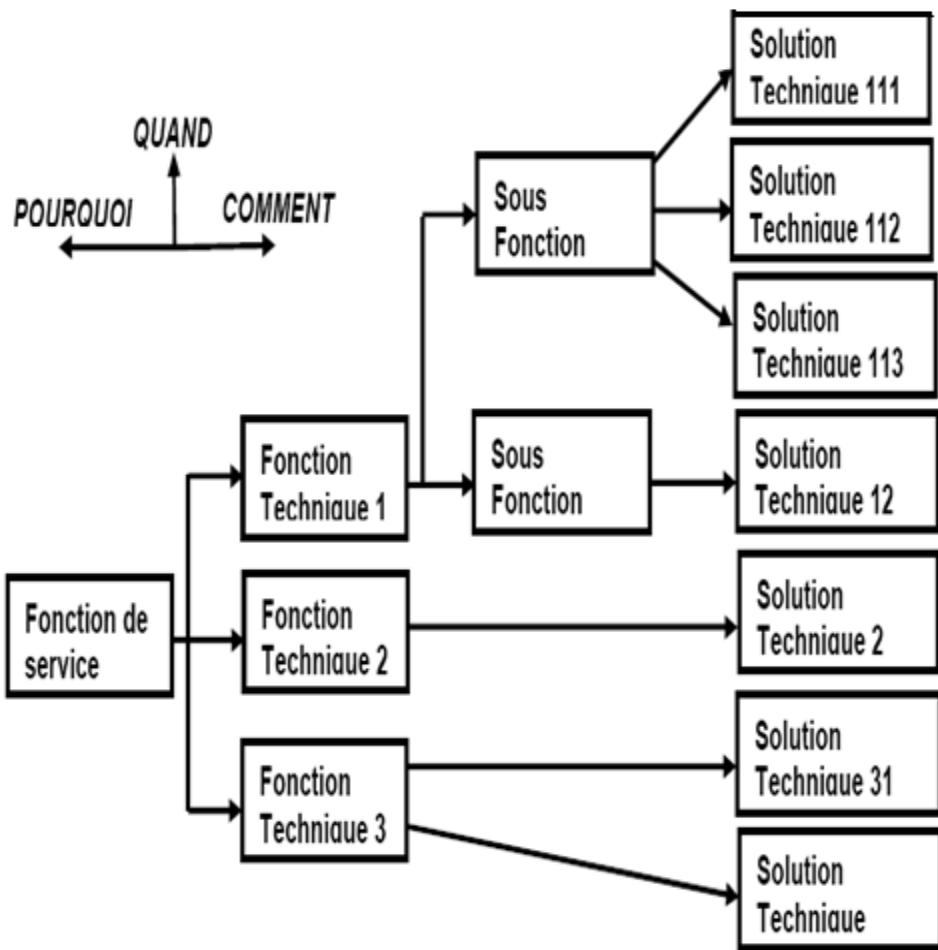
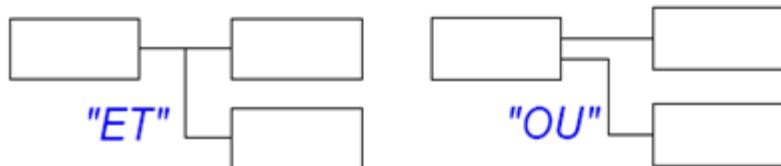


Figure 1. 13 .Diagramme fonctionnelle de la methode FAST

1.6.6. *Le S.A.D.T : Analyse descendante et liens inter – fonctionnelle*

En anglais, **S.A.D.T « Structure Analyse and Design Technic »**

C'est un outil d'analyse fonctionnelle par niveaux de détails successifs d'un processus donné. La démarche SADT va permettre de définir les besoins utilisateurs pour des développements informatiques « très utilisé dans l'informatique industrielle » ou bien d'expliquer et présenter les processus, procédés de fabrication, procédures, activité d'une entreprise.

La démarche complète est lourde et rigoureuse mais permet une analyse fonctionnelle très structurée, ascendante ou descendante. En outre, le SADT est un outil graphique de représentation très accessible au novice. La représentation du SADT est la suivante:

- Un rectangle principal où est spécifié le nom du processus ou de l'action sur la gauche de ce rectangle, des flèches entrantes: les déclencheurs de l'action.
- Sur la partie supérieure, des flèches entrantes: les données nécessaires à l'action.
- Sur la partie inférieure du rectangle, des flèches entrantes: les moyens utilisés pour l'action.
- Sur la droite du rectangle, des flèches sortantes: les résultats de l'action.

Le SADT commence au niveau 0 puis peut se détailler en niveaux inférieurs (1, 2, 3...).

Par exemple, au niveau 1, le rectangle du niveau 0 sera détaillé en plusieurs rectangles élémentaires et ainsi de suite...

Il s'agit d'un outil d'analyse descendante d'un système, qui permet une étude progressive : du global, vers le détail.

La méthode appliquée industriellement est un outil de communication entre des personnes d'origines différentes. Il permet la description dans un langage commun la vision de synthèse qu'ils ont d'un même projet.

La méthode SADT est une méthode graphique qui part du général pour aller au particulier. Elle permet de décrire des systèmes où coexistent des flux de matières d'œuvre « produits, énergies et informations ». Elle s'appuie sur la mise en relation de ces différents flux avec les fonctions que remplit le système.

Le modèle de représentation prend la forme d'Actigrammes, rectangles basés sur les activités ou les fonctions du système.

❖ La méthode S.A.D.T. est assez lourde, elle est principalement utilisée dans le domaine du génie logiciel, et de ce fait bien adaptée à la spécification fonctionnelle de la partie commande d'un système. Elle est puissante, donc valable pour de très gros systèmes, et s'applique difficilement sur de petits systèmes ou à la description très fine des fonctions. Elle n'intègre pas l'aspect temporel.

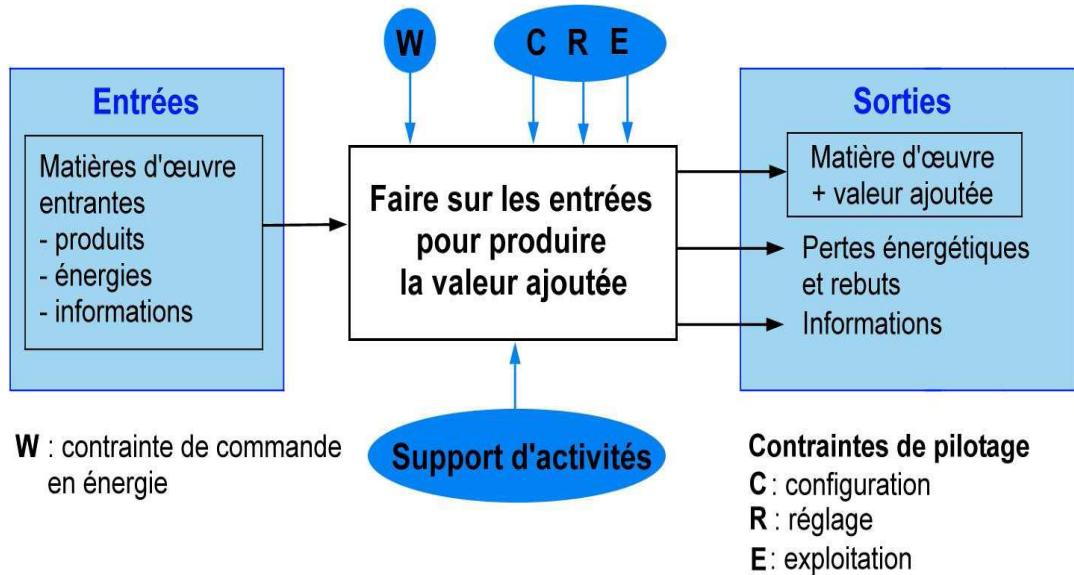


Figure 1. 14 . Structure d'analyse et conception technique

Les Actigrammes sont définis par :

- ✓ Les entrées : SUR QUOI agit la fonction ?
- ✓ Les sorties : QUE DEVIENNENT les entrées, après réalisation de la fonction ?
- ✓ Les contraintes de pilotage : éléments qui paramètrent et modulent la fonction.
- ✓ Les moyens (support d'activités) : c'est la réponse à la question : QUI réalise la fonction?

La description du global vers le détail est réalisée par des niveaux hiérarchisés :

Le niveau A-0 « le plus global » pour la fonction globale à l'extérieur du rectangle on trouve l'environnement, ainsi défini après avoir isolé le système.

❖ *Démarche :*

On commence par le diagramme de niveau le plus élevé A-0 « A moins zéro » représentant la finalité du système technique.

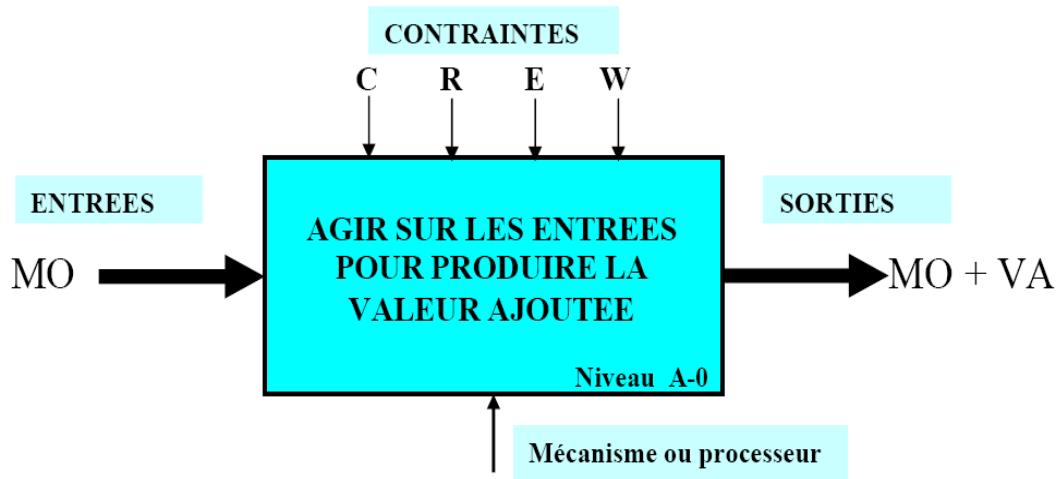


Figure 1. 15 .Finalité d'un système technique

On retrouve sur ce diagramme les éléments suivants :

- ✓ Frontière d'isolement : elle permet de distinguer le système du milieu extérieur environnant.
- ✓ Fonction globale : c'est la finalité du système et se définit par un verbe à l'infinitif.
- ✓ Données d'entrée : c'est en fait la matière d'œuvre sur lequel agit le système.

Il existe 3 types d'entrées : produit, énergie ou information.

- ✓ Données de sortie : on retrouve principalement la matière d'œuvre munie de la valeur ajoutée. On a secondairement des comptes-rendus (retour d'information), des pertes énergétiques et des rebuts.
- ✓ Contraintes de pilotage ou de commande : ce sont les paramètres qui déclenchent ou modifient la réalisation d'une fonction. On retrouve ainsi :
 - C : paramètres de configuration.
 - R : paramètres de réglage.
 - E : données d'exploitation, consignes de fonctionnement.
 - W : mise en énergie, présence matière d'œuvre.
- ✓ Processeurs ou mécanismes : ce sont les éléments physiques ou technologiques qui réalisent la fonction ou qui supportent l'activité.

On descend dans les niveaux, en traçant le diagramme de niveau A₀ ; puis A₁ en respectant la hiérarchie des niveaux. On décrit ainsi les sous fonctions du système

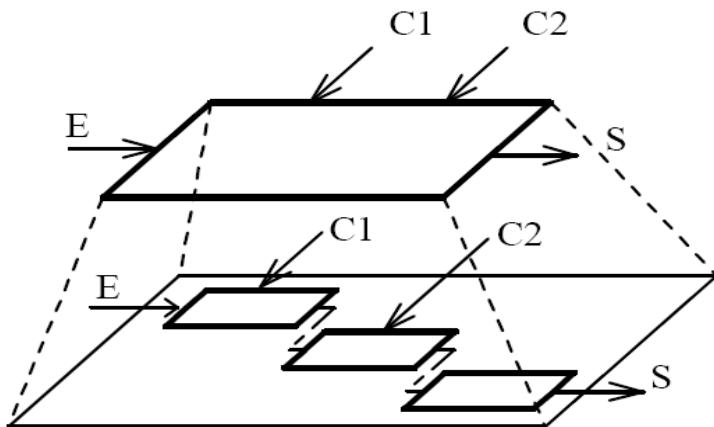


Figure 1. 16 . Hiérarchie des niveaux

Comme montre la figure 1.17, on veillera lors d'un changement de niveau à conserver les mêmes données extérieures. Hiérarchie des diagrammes

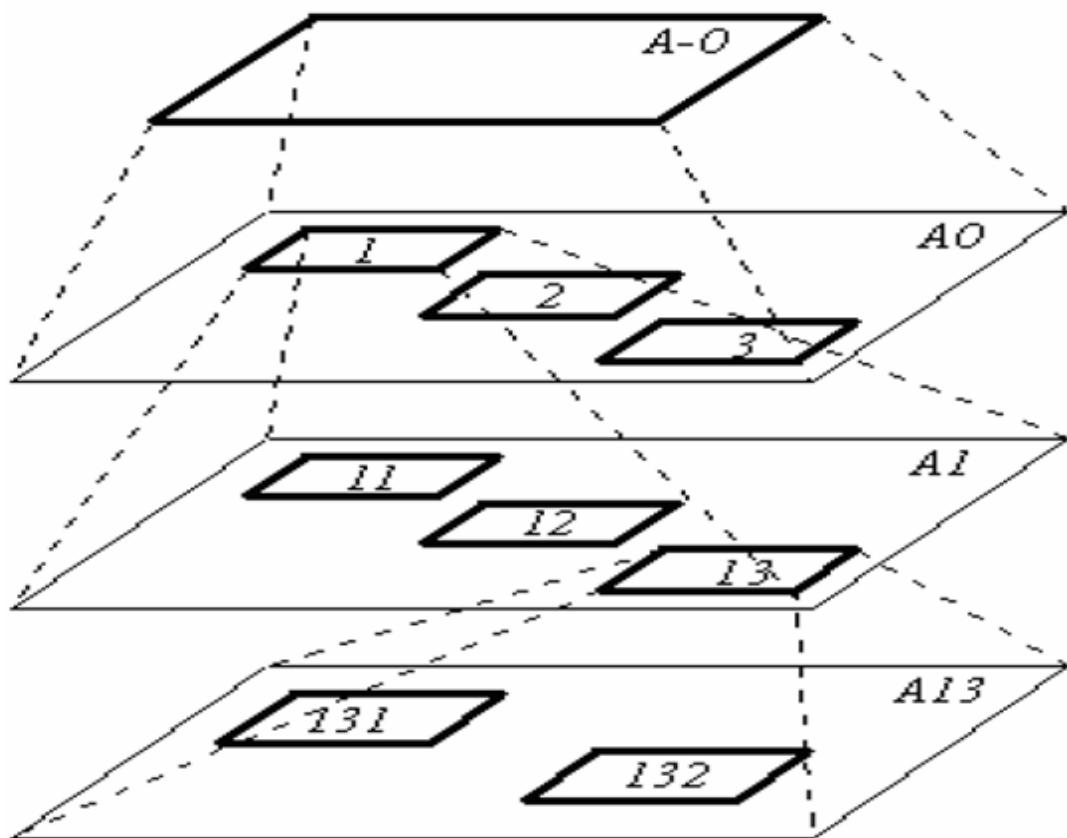


Figure 1. 17 . Hiérarchie des diagrammes

❖ *La fonction globale*

La Fonction Globale est l'action de transformer une matière d'œuvre. Elle est modélisée par un actigramme « dessin ci-contre ». La Matière d'œuvre entre à gauche et ressort à droite transformée par une Valeur Ajoutée. Au-dessus des flèches entrent les

données, Les commandes et les énergies nécessaires au système, ce sont les contraintes. Au-dessous une flèche indique le nom du système.

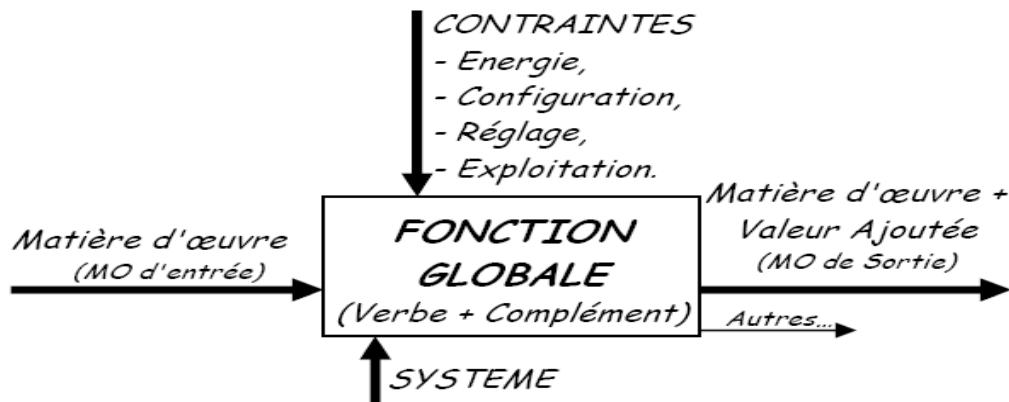


Figure 1. 18 . La fonction globale

❖ *Règles pour l'analyse descendante*

Chaque diagramme d'activité ou actigramme nécessite au moins : une activité, un support d'activité, une matière d'œuvre entrante, une matière d'œuvre sortante.

L'actigramme de niveau le plus élevé ne comporte qu'une fonction,

La fonction globale du système (niveau A- 0).

Chaque décomposition d'une activité peut être représentée par un nouvel actigramme limité à 6 fonctions.

Le support technique qui conduit l'activité a besoin d'énergie pour modifier l'état de la matière d'œuvre.

Les données de contrôle ne sont normalement pas modifiées par l'activité mais la déclenche ou la module.

Toutefois si une contrainte subit une transformation ou une dégradation cela ne constitue pas le but principal de l'activité.

Si une donnée est à la fois entrée et donnée de contrôle, on la représente comme donnée de contrôle.

Si l'énergie nécessaire au processeur est également matière d'œuvre, on indique en donnée de contrôle la caractéristique de l'énergie qui influe ou déclenche la fonction.

La sortie d'un module peut constituer l'entrée ou une donnée de contrôle pour un ou plusieurs nouveaux modules.

❖ Fonction globale du système

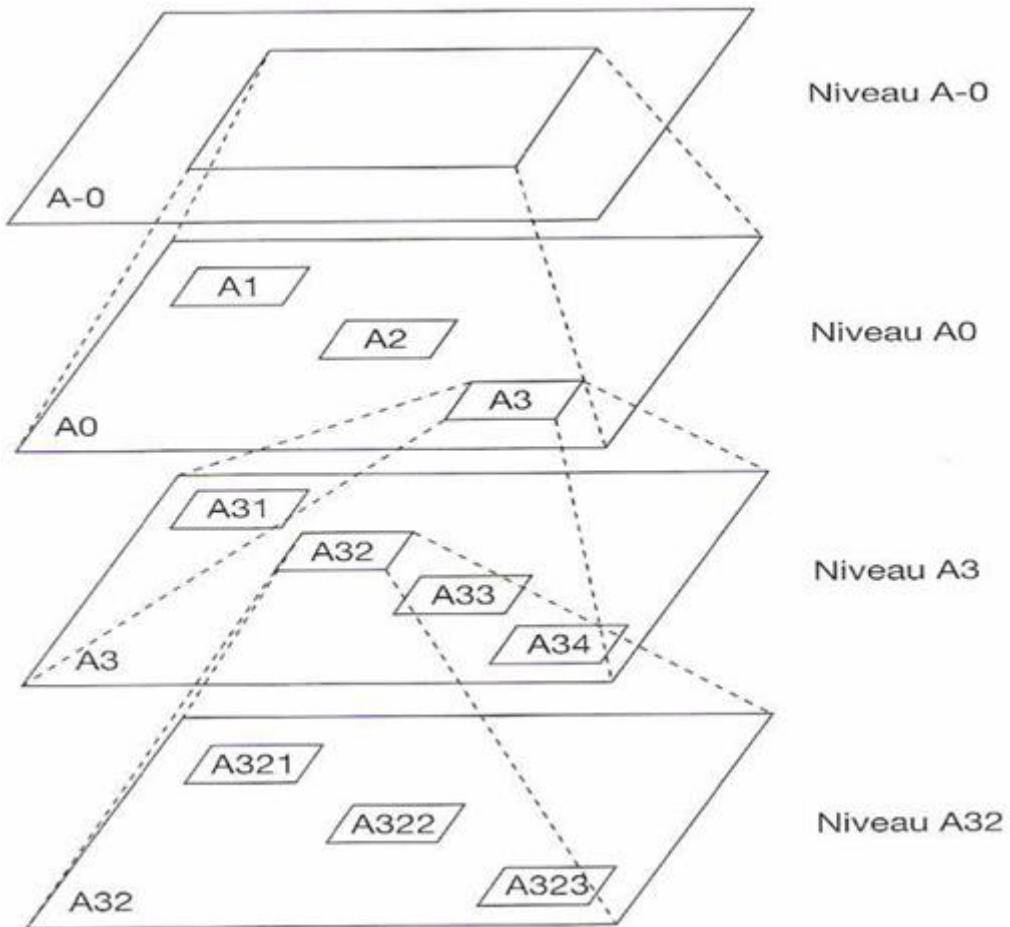


Figure 1. 19 .Fonction globale du système

Le niveau A₀ après décomposition de la fonction globale en fonctions principales, ce niveau regroupe les actigrammes A₁, A₂, A₃... « Il est recommandé de ne pas dépasser six fonctions principales ».

Au-delà l'actigramme A₁ peut-être développé à un niveau inférieur regroupant A₁₁, A₁₂... La numérotation permet de connaître le niveau d'emboîtement.

Chaque boîte possède les éléments d'un actigramme « entrées, sorties, contraintes, moyens »

1.6.7. Cahier des Charges Fonctionnel « CdCF »

Document par lequel le demandeur exprime son besoin en termes de fonctions de service. Pour chacune d'elles sont définis des critères d'appréciations et leurs niveaux de flexibilité.

Le cahier des charges fonctionnel doit permettre d'apporter une réponse sous forme d'un produit à un problème évoqué en termes de besoin, l'objectif étant d'obtenir la proposition la plus apte à rendre le service attendu. Il doit ainsi permettre :

- D'orienter la recherche de la solution optimale du produit d'un point de vue technico-économique
- La caractérisation des différentes fonctions de service débouche sur l'écriture de Cahier des Charges
- Fonctionnelles (CdCF) C'est l'ensemble des données qui représente la référence permanente que tout concepteur doit posséder pour concevoir des solutions, les analyser et effectuer un choix.

Les fonctions sont alors complètement définies. Elles sont assorties de:

Critères : caractère retenu pour apprécier la manière dont une fonction est remplie ou une contrainte respectée.

Niveaux : grandeur repérée sur une échelle adoptée pour un critère d'appréciation d'une fonction.

Flexibilité : ensemble d'indications exprimées par le demandeur sur les possibilités de moduler le niveau recherché pour un critère d'appréciation.

Classe de flexibilité : indication littérale placée auprès d'un niveau d'un critère d'appréciation, permettant de préciser son degré de négociabilité ou d'impérativité.

Limites d'acceptation : niveau de critère d'appréciation au-delà duquel le besoin est jugé non satisfait.

Taux d'échange : rapport déclaré acceptable par le demandeur entre la variation du prix et la variation correspondante du niveau d'un critère d'appréciation.

Cahier des charges fonctionnel

Le cahier des charges fonctionnel (CdCF) est un document par lequel le demandeur exprime son besoin (ou celui qu'il est chargé de traduire) en termes de fonctions de services et de contraintes.

- ✓ Le CdCF doit être rédigé indépendamment des concepts de solutions envisageables. Il constitue une référence contractuelle entre les deux parties.

- ✓ La traduction du besoin en termes de fonctions s'effectue à travers l'analyse fonctionnelle qui recense, caractérise, ordonne, hiérarchise et valorise les fonctions.

❖ ***Un CdCF bien rédigé permettra :***

- ✓ Au demandeur d'exprimer son besoin en termes de services et de contraintes,
- ✓ Au fournisseur de concevoir et de réaliser des produits et des services de manière optimale,
- ✓ Un dialogue entre le demandeur et le fournisseur, en séparant clairement les besoins à satisfaire des solutions qui répondent à ces besoins.
- ✓ dans les sujets de concours les informations indispensables extraites du CdCF sont présentées sous forme d'un tableau à trois colonnes : à chaque fonction de service sont associées les performances qu'on attend et les contraintes qu'elle doit respecter.

La colonne « critère » indique la nature de la performance attendue, la colonne « niveaux » précise la ou les valeurs extrêmes.

Le résultat de cette analyse « étude de faisabilité », à laquelle il faut ajouter les réflexions issues de l'analyse de besoin, permet de formuler le service à rendre sous forme de document appelé Cahier des Charges

Dans le cas de produits complexes et de nouvelles créations, il est souvent nécessaire de procéder à des éditions successives du CdCF avant d'arriver à son expression définitive » « AFNOR X 50-151 ».

1.6.8. Logigramme

« Synonymes : Flowchart, Ordinogramme »

A. Description

Le logigramme permet de visualiser de façon séquentielle et logique les actions à mener et les décisions à prendre pour atteindre un objectif. C'est un outil de clarification et d'amélioration d'un procédé est particulièrement un travail de groupe.

En dessinant le logigramme ensemble, l'équipe développe une compréhension commune de la situation et contribue à une meilleure connaissance du procédé et à la clarification des étapes requises pour qu'un processus soit efficace.

B. Méthode

Les événements décrits et qui apparaissent sur le logigramme peuvent être de n'importe quelle nature.

Par exemple : « faire un appel téléphonique », « imprimer un rapport », etc.

Les symboles utilisés pour représenter les événements peuvent prendre plusieurs formes (rectangles, cercles, losanges...).

Les connexions entre les événements sont toujours représentées par des lignes, habituellement des flèches pour montrer la direction de ceux-ci.

C. Les étapes

1. Décrire le procédé à dessiner.
2. Démarrer avec un événement déclencheur.
3. Noter les actions successives de façon claire et concise.
4. Ne tenir compte que du flux principal (mettre les détails sur un autre graphique).
5. Continuer le procédé jusqu'à la conclusion (finir avec un point cible).

Lorsque le logigramme décrit un procédé impliquant un grand nombre de personnes, de départements ou de fonctions, il est préférable de le diviser en colonnes. L'entête de chaque colonne indiquera le nom de la personne ou du département impliqué dans le procédé.

D. Les principaux symboles



1.6.9. Schéma géographique

Le schéma géographique « organisation matérielle» analyse le flux matériel des activités et aide à minimiser les pertes de temps quand les extrants ou les ressources sont acheminés d'une activité à une autre.

Ce schéma sert à préciser la manière dont les choses marchent actuellement et comment on pourrait y apporter des améliorations. Cet outil aide aussi à repérer les éléments clés d'un processus, tout en fixant des limites claires entre la fin d'un processus et le début du suivant. La préparation d'un schéma matériel établit une communication et une compréhension commune au sujet du processus. Les schémas géographiques sont en outre utilisés pour identifier des membres appropriés pour l'équipe, pour identifier les personnes qui fournissent des intrants et des ressources et à qui elles les fournissent, pour cerner des domaines importants pour le suivi ou la collecte de données, pour identifier des secteurs pouvant être améliorés ou dont l'efficience pourrait être accrue, et pour générer des hypothèses au sujet des causes. Ils peuvent servir à étudier les processus relatifs au flux des patients, au flux de l'information, au flux du matériel, aux processus des soins cliniques, ou à des associations de plusieurs de ces processus.

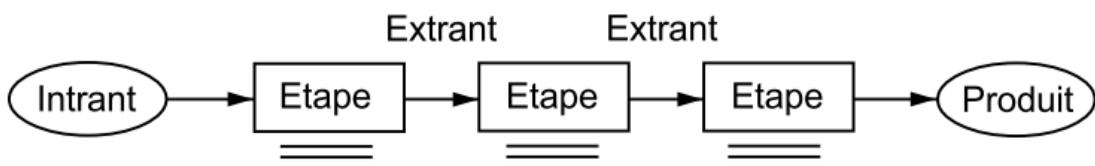


Tableau 1. 2. type de schémas géographiques

Type de schémas Géo	Eléments essentiels
Premier niveau	étapes principales, intrants et extrants
Deuxième niveau	étapes ou activités, points de décision, intrants et extrants
Déploiement	étapes, intrants et extrants, personnel impliqué

1.6.10. Schéma fonctionnel

Le schéma fonctionnel est un outil graphique qui permet de comprendre ou de faire comprendre le fonctionnement d'un appareil. Un schéma fonctionnel est constitué de blocs fonctionnels.

Chaque bloc fonctionnel représente une fonction technique. Les fonctions techniques sont réalisées grâce à des pièces (éléments). Ils seront notés dans le

bloc fonctionnel correspondant. L'ensemble des fonctions techniques permet de réaliser la fonction d'usage de l'objet technique (ce à quoi il sert).

Pour fonctionner, l'appareil a besoin de matières d'œuvre :

- d'énergie : le schéma fonctionnel fera apparaître le circuit énergétique ;
- de produits : la circulation de ces produits apparaît aussi sur le schéma fonctionnel ;
- d'informations : le circuit informationnel sera ajouté au schéma fonctionnel

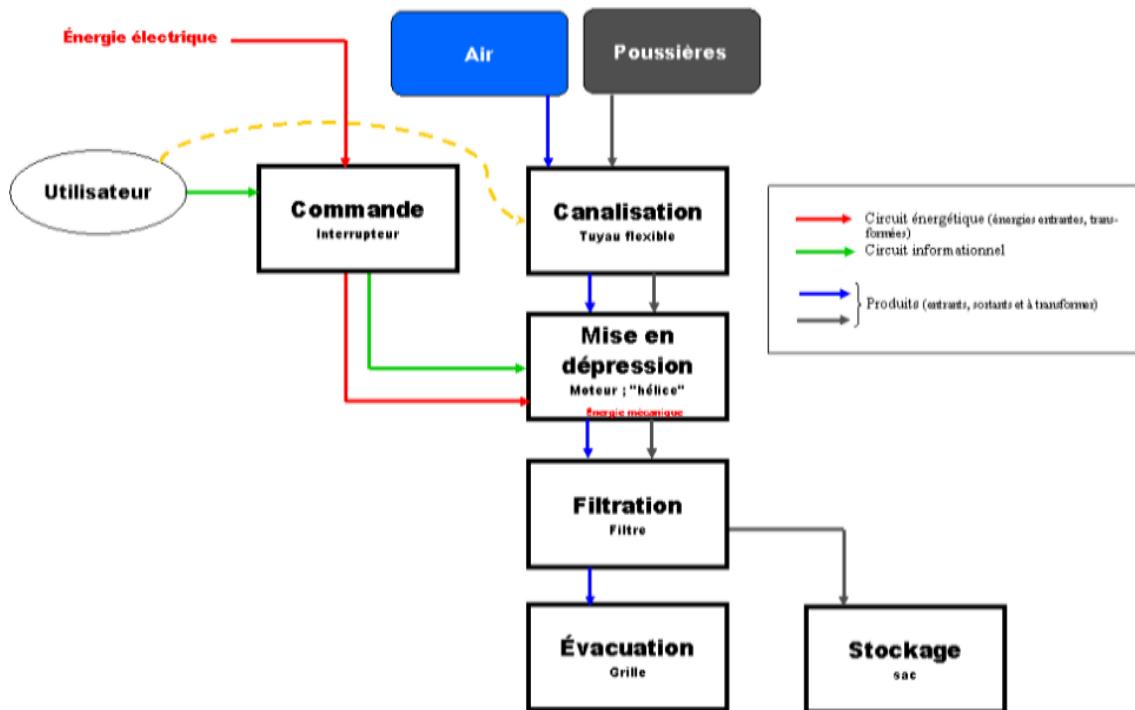


Figure 1. 20.schéma bloc fonctionnel

1.6.11. L'outil « PERT »

❖ Généralités

A la fin des années cinquante, la marine américaine conçoit une nouvelle technique d'ordonnancement qui devait conduire à des gains de temps importants dans la réalisation de ses missiles à ogive nucléaire Polaris : c'est la technique PERT « Program Evaluation and Review Technic - technique d'ordonnancement et de contrôle des programmes ».

Cette technique a permis de coordonner les travaux de près de 6000 constructeurs dans les délais imposés par le gouvernement américain.

Le PERT est « une méthode consistant à mettre en ordre sous forme de réseau plusieurs tâches qui grâce à leur dépendance et à leur chronologie concourent toutes à l'obtention d'un produit fini ».

La méthode PERT est le plus souvent synonyme de gestion de projet importants et à long terme. C'est pourquoi, un certain nombre d'actions sont nécessaires pour réussir sa mise en œuvre.

1. Définir de manière très précise le projet d'ordonnancement.
2. Définir un responsable de projet, auquel on rendra compte et qui prendra les décisions importantes.
3. Analyser le projet par grands groupes de tâches, puis détailler certaines tâches si besoin est.
4. Définir très précisément les tâches et déterminer leur durée.
5. Rechercher les coûts correspondant ce qui peut éventuellement remettre en cause certaines tâches.
6. Effectuer des contrôles périodiques pour vérifier que le système ne dérive pas.

Une tâche est définie par des contraintes :

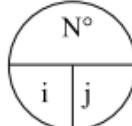
- De durée : délais à respecter pour sa réalisation,
- D'antériorité : certaines tâches doivent être terminées avant d'autres,
- De simultanéité : certaines tâches peuvent être réalisées en même temps,
- De production : temps d'occupation du matériel ou des hommes qui l'utilisent.

Le diagramme de PERT permet de calculer le meilleur temps de réalisation d'un projet et d'établir le planning correspondant.

❖ Symbolique du PERT

La méthode PERT d'attache surtout à mettre en évidence les liaisons qui existent entre les différentes tâches du projet et à définir le chemin dit « critique ».

 Présentation d'une tâche ou opération « A » avec sa durée « t ».

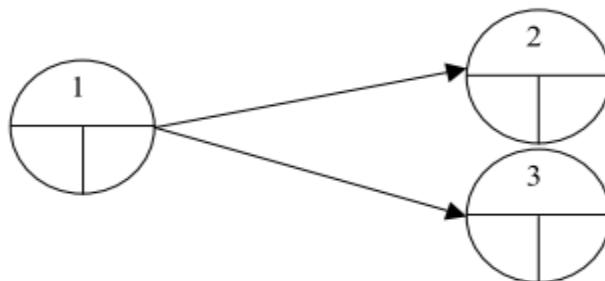


Représentation d'une étape (début ou fin d'une tâche) avec son numéro « N° », le temps de réalisation au plus tôt « i » et au plus tard « j ».

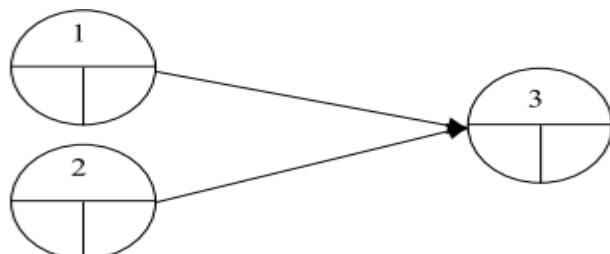
On appelle réseau ou diagramme de PERT, l'ensemble des tâches et des étapes qui forment le projet.

❖ Règles

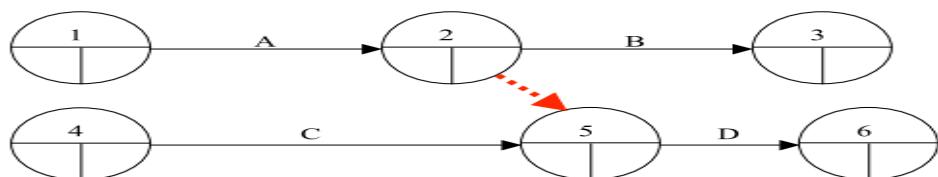
- Un réseau possède toujours une étape de début et une étape de fin.
- Il n'y a jamais de retour, les flèches vont toujours de gauche à droite.
- La tâche suivante ne peut démarrer que si la tâche précédente est terminée.
- Deux tâches qui commencent en même temps « ou dites simultanées » se représentent ainsi :



- Deux tâches qui précédent la même étape « ou dites convergentes » se représentent ainsi :



- Une tâche fictive est d'une durée nulle, mais elle permet de faire un lien entre deux étapes :



La tâche B peut commencer lorsque l'étape 2 est atteinte, par contre la tâche D nécessite la fin que les étapes 2 et 5 soient validées.

❖ *Élaboration d'un réseau PERT*

➤ *Établir la liste des tâches*

Cette étape consiste à lister les tâches à réaliser ainsi que leur durée (dans certain projet, il est également nécessaire de déterminer les ressources nécessaires pour accomplir les tâches). Chaque tâche sera codifiée afin d'alléger la représentation graphique du réseau.

Le plus simple est de regrouper toutes ces informations sous la forme d'un tableau.

Codification	Tâches	Durée en jours	Ressources

➤ *Déterminer les conditions d'antériorités*

Quelle(s) tâche(s) doit être terminée immédiatement avant qu'une autre ne commence ?

Quelle tâche doit suivre une tâche terminée ?

Tâche(s) immédiatement antérieur(s)	Tâche à réaliser	Tâche(s) immédiatement postérieure(s)

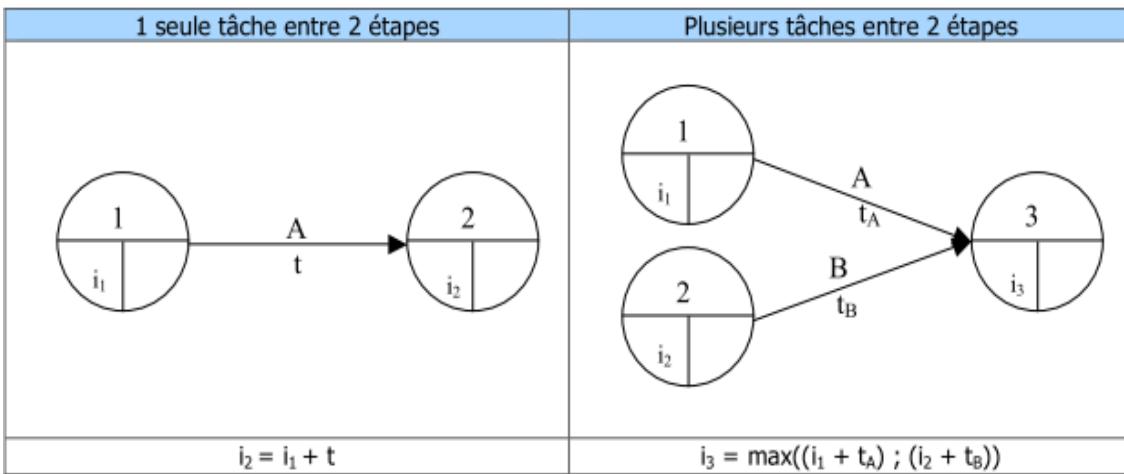
➤ *Tracer le réseau PERT*

Suivre la symbolique et les règles pour la réalisation du réseau.

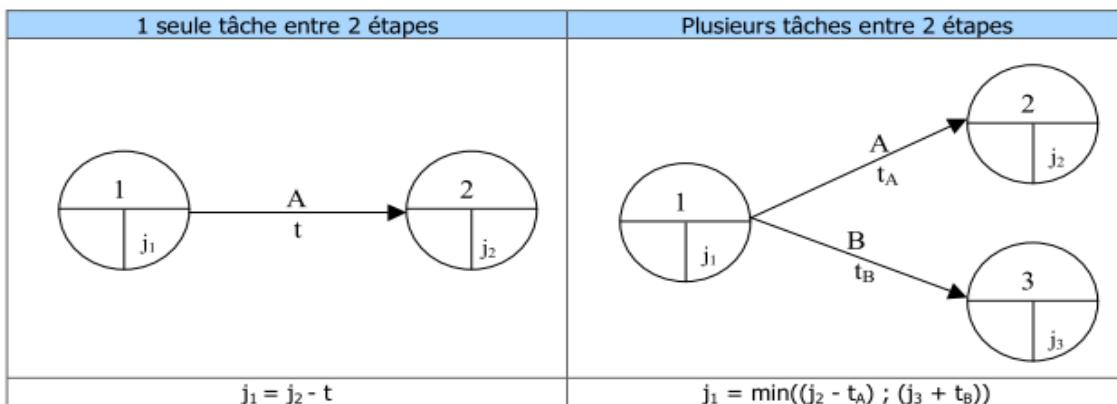
➤ *Calculer les dates des étapes*

Nous allons pouvoir calculer dans cette phase les dates de début « i » et de fin « j » pour chaque étape.

- Dates au plus tôt : « Remarque : la première étape est initialisée à 0 »



- Dates au plus tard : «Remarque : la date au plus tard de la dernière étape est initialisé à la date au plus tôt »



➤ Déterminer le chemin critique

Le chemin critique est, en général, réalisé après le calcul des dates au plus tôt et sert de ligne de pour le calcul des dates au plus tard.

Le chemin critique consiste à faire apparaître sur le réseau le chemin formé par la succession des différentes tâches donnant le temps le plus long. Pour le tracer, partir de l'étape finale et repérer les étapes qui suivent la règle $i_2 - i_1 - t = 0$.

➤ Calculer les battements

Le calcul du battement relatif à une tâche s'obtient en comparant la date au plus tôt et la date au plus tard. Il s'agit de la plage de temps maximum dans laquelle peut se déplacer la tâche sans modifier ma date de terminaison du projet.

⇒ On obtient alors les tâches critiques ne pouvant prendre du retard.

1.6.12. Stratification

La stratification ou « Le data mining est l'analyse d'un ensemble d'observations qui a pour but de trouver des relations insoupçonnées et résumer les données d'une nouvelle manière, de façon qu'elles soient plus compréhensibles et utiles pour leurs détenteurs ». Autrement dit, il consiste à analyser des informations collectées dans des entrepôts de données afin d'y détecter des relations qu'il serait a priori impossible d'identifier sans cet outil. C'est un élément essentiel dans la relation client et de système d'aide à la décision. Partant de là, on comprend mieux pourquoi le data mining est annoncé comme étant « un des développements technologiques les plus révolutionnaires des dix prochaines décennies ». En effet, cette technologie est perçue comme étant réellement indispensable de nos jours à l'analyse de la quantité toujours plus vaste d'informations produites par tous les systèmes d'information de l'entreprise. Enfin, comme nous l'avons dit, en tant que processus, il est pertinent de souligner ici que le data mining ne se réfère pas seulement à des outils et à une technologie informatique très développée. Effectivement, il faut également relever le rôle fondamental de l'humain dont l'implication se doit d'être totale dans chaque phase du processus. Il est erroné de penser que le data mining est une entité qui fonctionne de manière autonome.

❖ *Les tâches effectuées par la stratification*

Après avoir défini ce qu'est le data mining, il convient de présenter les tâches que celui-ci peut effectuer. Ces dernières sont au nombre de six, chacune d'entre elles revêt une fonction spécifique pour l'analyse et est réalisée grâce à des algorithmes différents.

❖ *La description*

L'importance de cette tâche est de permettre à l'analyste d'interpréter les résultats d'un modèle de data mining, soit d'un algorithme, de manière la plus transparente et efficace possible. « Ainsi, les résultats du modèle de data mining doivent décrire des caractéristiques claires qui puissent amener à une interprétation et à une explication intuitive.

❖ *L'estimation*

L'intérêt principal de cette tâche est de pouvoir ordonner les résultats afin d'avoir la possibilité de retenir seulement les meilleures valeurs, technique qui sera surtout utilisée en marketing dans le but de pouvoir proposer des offres aux meilleurs clients potentiels de l'entreprise.

1.7. Normes et réglementations

Les premières normes de la série ISO 9000 sont parues en 1987. Il est prévu que les normes internationales soient examinées tous les cinq ans pour décider de leur maintien, de leur annulation ou de leur révision. Une première révision a eu lieu en 1994 (normes ISO 9000 : 1994 actuellement en vigueur), la seconde est en cours et les normes révisées (normes ISO 9000 : 2000) devraient paraître en novembre 2000.

❖ Les normes ISO 9000 : 2000

Elles seront au nombre de trois :

- ISO 9000 : 2000

- Système de management de la qualité – Principes essentiels et vocabulaire qui spécifie le vocabulaire des systèmes de management de la qualité et en décrit les principes essentiels.

- ISO 9001 : 2000

- Système de management de la qualité – Exigences qui spécifie les exigences relatives aux systèmes de management de la qualité à utiliser lorsque l'aptitude d'un organisme¹ à fournir des produits satisfaisant aux exigences du client et à la réglementation applicable doit être démontrée.

- ISO 9004 : 2000

- Système de management de la qualité – Lignes directrices pour l'amélioration des performances qui fournit des conseils sur les systèmes de management de la qualité, y compris les processus d'amélioration continue, qui contribuent à la satisfaction des clients d'un organisme et des autres parties intéressées.

Et complétées par :

- ISO 19011 : 2000

– Lignes directrices pour l'audit environnemental et l'audit qualité qui fournit les lignes directrices sur la gestion et la réalisation des audits environnementaux et des audits qualité.

❖ Pourquoi une révision ?

Les différences avec les normes précédentes

Les retours d'expérience avaient fait apparaître des insuffisances dans certains domaines.

¹ Organisme est le nouveau terme désignant l'entreprise.

Les normes ISO 9000 : 2000 devraient corriger ces défauts notamment :

- par la prise en compte, de façon plus significative, de la satisfaction du client,
- par la recherche de l'amélioration continue.

Ces normes présentent également des avantages :

- la compatibilité avec d'autres normes de management (management environnemental par exemple),
- une adaptation à des secteurs autres que le secteur industriel ; en particulier au secteur des TP (par la prise en compte du mode de production par projet),
- une plus grande simplicité :
- dans le vocabulaire,
- dans le nombre des normes (une norme au lieu de trois : la norme 9001 : 2000 remplaçant les trois normes ISO/9901/9002/9003 : 1994),
- cohérence entre 9001 (exigences) et 9004 (lignes directrices).

Un des buts de cette révision a été de se concentrer sur les exigences qui assurent la qualité du produit et qui permettent d'atteindre les objectifs qualité, plutôt que sur les exigences concernant les documents, les enregistrements et les procédures.

En d'autres termes "de réorienter la démarche qualité vers le client, de privilégier l'efficacité du système qualité plutôt que de la conformité à des procédures..."

CHAPITRE 2. ANALYSE DES CAUSES DE DÉFAILLANCE

2.1. Diagramme de causes et effets

Le diagramme **causes-effet** que l'on retrouve également sous les noms de :

- ✓ diagramme en arêtes de poisson ;
- ✓ diagramme **d'ISHIKAWA** ;
- ✓ branche de sapin ;
- ✓ Cedac,

Ou encore méthode des " **5 M** " (Milieu ; Méthode ; Main d'œuvre ; Matière ; Matériel) est un outil qui permet de classer et de visualiser toutes les causes qui sont susceptibles d'être à l'origine d'un effet donné.

C'est un outil qui permet à identifier les causes d'un problème. On a une vision globale des causes génératrices d'un problème avec une représentation structurée de l'ensemble des causes qui produisent un effet. Il y a une relation hiérarchique entre les causes et on est en mesure d'identifier les racines des causes d'un problème.

Le diagramme d'Ishikawa permet de limiter l'oubli des causes et de fournir des éléments pour l'étude des solutions.

Cette méthode permet d'agir sur les causes pour corriger les défauts et donner des solutions en employant des actions correctives.

Les règles d'or

Groupe de travail = Avant de commencer, il faut former un groupe de travail pluridisciplinaire et chaque membre doit y participer. ,,

Brainstorming = Il est recommandé de pratiquer auparavant un brainstorming pour trouver toutes les causes au problème. Donc chaque membre du groupe peut librement exprimer ses opinions. ,,

Démarche = Par la suite il faut identifier les causes principalement responsables du problème et les classer selon leur relation par rapport au problème posé.

➤ *Déroulement du diagramme d'Ishikawa*

❖ *Étape 1 : Définir clairement le problème*

Placer une flèche horizontale, pointée vers le problème. ,,

❖ *Étape 2 : Classer les causes recherchées en grandes familles*

Matière: matière première, fourniture, pièces, ensemble, qualité, ... ,

Matériel: machines, outils, équipement, maintenance, ... recense les causes qui ont pour origine les supports techniques et les produits utilisés. ,,

Main d'œuvre: directe, indirecte, motivation, formation, absentéisme, expérience, problème de compétence, ,,

Milieu: environnement physique, lumière, bruit, poussière, localisation, aménagement, température, législation, ,,

Méthode: instructions, manuels, procédures, modes opératoires utilisés, ,,

Ou peut ajouter aux 5M deux critères supplémentaires (Management et Moyens financiers) pour obtenir les 7M. ,,

❖ *Étape 3 : Flèches secondaires*

Ces flèches secondaires correspondent au nombre de familles de causes identifiés. Il faut les raccorder à la flèche horizontale. Chaque flèche identifie une des familles de causes potentielles. ,,

❖ *Étape 4 : Mini flèches*

Les causes rattachées à chacune des familles sont inscrits sur des mini flèches. Il faut avoir toutes les causes potentielles. ,,

❖ *Étape 5 : Finalisation*

Il faut rechercher parmi les causes potentielles les causes réelles du problème. Il faut agir dessus, les corriger en proposant des solutions.

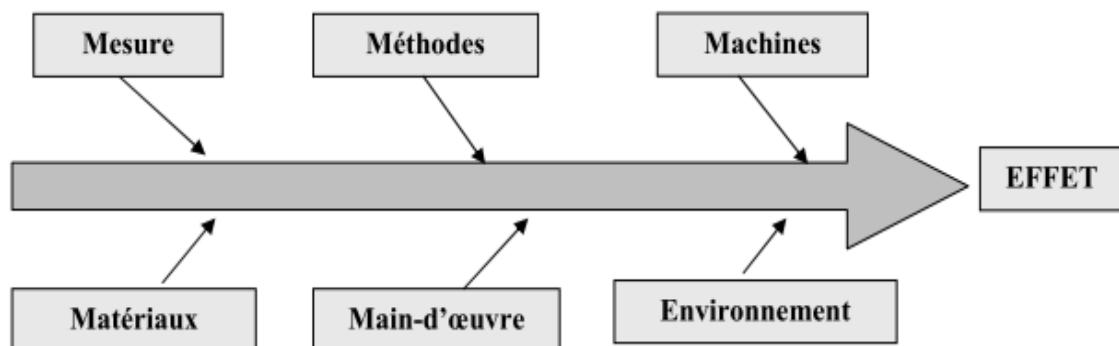


Figure 2. 1.Diagramme cause et effet « Diagramme d'Ishikawa »

2.2. Diagramme de Pareto

2.2.1. Introduction

Un économiste italien, Vilfredo Pareto, en étudiant la répartition des impôts constata que 20 % des allocataires payaient 80 % de la recette de ces impôts.

D'autres répartitions analogiques ont pu être constatées, ce qui a permis d'en tirer la loi des 20-80 ou la loi de Pareto. Cette loi peut s'appliquer à beaucoup de problèmes, c'est un outil efficace pour le choix et l'aide à la décision.

❖ Exemple de répartition appliquée 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.

2.2.2. 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 de 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.

2.2.3. Méthode

L'étude suppose obligatoirement qu'on a :

- Un historique
- Des prévisions

Pour un secteur ou un système donné l'application de la loi de Pareto impose plusieurs étapes :

❖ Définition de l'objectif de l'étude et de ses limites

- Ces éléments peuvent être :
- Des matériels.
- Des causes de pannes.

- Des natures de pannes...

❖ *Choisir le critère de classement*

Organiser le classement selon les critères de valeurs retenus (les coûts, les temps, les rebut...).

❖ *Construire un graphique*

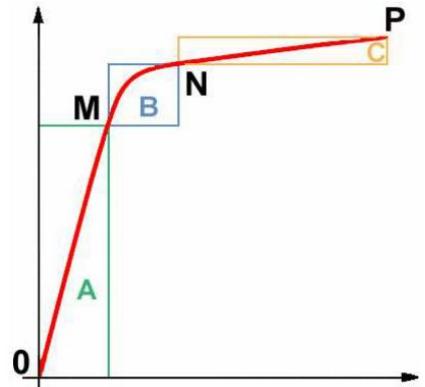
➤ *Déterminer les zones ABC*

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 A.

La partie courbe MN détermine la zone B.

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



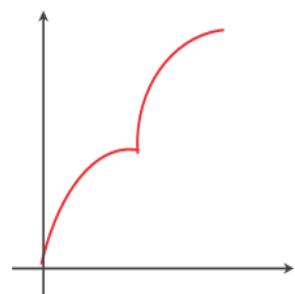
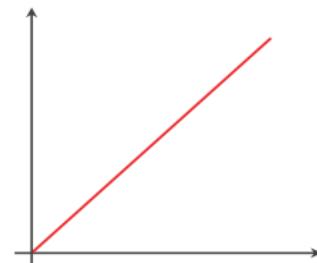
➤ *Interprétation de la courbe*

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.

2.2.4. Cas particuliers de courbes

Il n'y a pas de priorité à dégager, tous les éléments ont la même valeur.



C'est une courbe impossible, il y a une erreur de classement.

CHAPITRE 3. OPTIMISATION ET SECURISATION D'UN PROCES

3.1. Méthode AMDEC Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité

L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) est une méthode d'analyse prévisionnelle de la fiabilité qui permet de recenser systématiquement les défaillances potentielles d'un dispositif puis d'estimer les risques liés à l'apparition de ces défaillances, afin d'engager les actions correctives à apporter au dispositif.

3.1.1. Types d'AMDEC

Il existe globalement trois types d'AMDEC suivant que le système analysé est :

- le produit fabriqué par l'entreprise;
- le processus de fabrication du produit de l'entreprise;
- le moyen de production intervenant dans la production de produit de l'entreprise ;

A. AMDEC produit

L'AMDEC produit est utilisée pour l'aide à la validation des études, cette définition d'un nouveau produit fabriqué par l'entreprise.

Elle mise en œuvre pour évaluer les défauts potentiels du nouveau produit et leurs causes. Cette évaluation de tous les défauts possibles permettra d'y remédier, après hiérarchisation, par la mise en place d'action corrective sur la conception et préventive sur l'industrialisation.

B. AMDEC-process

L'AMDEC-process est utilisée pour étudier les défauts potentiels d'un produit nouveau ou non, engendrés par le processus de fabrication.

C. AMDEC Moyen de production

Elle permet de réaliser l'étude du moyen de production lors de sa conception ou pendant sa phase d'exploitation.

Pour un moyen de production en cours d'exploitation, la réalisation d'une AMDEC permet l'analyse de la cause réelle de défaillance ayant pour conséquence l'altération de la performance du dispositif de production.

3.1.2. Terminologie

Il est important de les connaître parfaitement afin de comprendre précisément le fonctionnement de l'AMDEC et d'en assurer la meilleure application possible.

A. Mode de défaillance

Un mode de défaillance est la manière par laquelle un dispositif peut venir à être défaillant, c'est-à-dire à ne plus remplir sa fonction. Le mode de défaillance est toujours relatif à la fonction du dispositif. Il exprime toujours en termes physiques.

Exemple : blocage, grippage, rupture, fuite, etc.

B. Défaillance

Une défaillance est la cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, elle permettre complète ou partielle.

C. Effet de la défaillance

L'effet d'une défaillance est, par définition, une conséquence subie par l'utilisateur. Il est associé au couple (mode cause de défaillance) et correspond à la perception finale de la défaillance par l'utilisateur.

Exemple: arrêt de production, détérioration d'équipement, pollution, etc.

D. Criticité

La criticité est une évaluation quantitative du risque constitué par le scénario « mode- cause- effet- détection » de défaillance analysée

La criticité est évaluée à partir de la combinaison de trois facteurs :

- la fréquence d'apparition du couple mode cause.
- la gravité de l'effet.
- la possibilité d'utiliser les signes de détection.

3.1.3. Caractéristiques essentielles de l'AMDEC

L'AMDEC est une méthode inverse de celle mise en œuvre pour la conception, puisqu'elle est réalisée pour analyser comment un dispositif conçu peut être amené à ne pas fonctionner et quelles seront les conséquences de ses dysfonctionnements sur le dispositif de production, le produit fabriqué et la sécurité des personnes et des biens.

L'AMDEC est une méthode d'analyse inductive rigoureuse qui permet une recherche systématique :

- des modes de défaillance d'un moyen de production.
- des causes de défaillance générant les modes de défaillance.

- des conséquences des défaillances sur le moyen de production.
- des moyens de détection pour la prévention et / ou la correction des défaillances.

3.1.4. But de l'AMDEC

L'AMDEC est une technique qui conduit à l'examen critique de la conception dans un but d'évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement « sécurité, fiabilité, maintenabilité et disponibilité » d'un moyen de production.

L'AMDEC va permettre d'atteindre ces objectifs en traitant systématiquement les paramètres suivants.

- Recensement et définition des fonctions

- ❖ du moyen de production.
- ❖ des sous-systèmes ;
- ❖ des composants.

- Analyse des défaillances par :

- ❖ le recensement des modes de défaillance ;
- ❖ l'identification des causes de défaillance ;
- ❖ l'évaluation des risques ;
- ❖ la recherche des modes de détection.

- Hiérarchisation des défaillances avec la cotation de la criticité :

Qui va permettre d'estimer, pour chaque défaillance, trois critères de définition :

- ❖ La fréquence d'apparition de la défaillance « indice F »;
- ❖ La gravité des conséquences que la défaillance génère « indice G » ;
- ❖ La non détection de l'apparition de la défaillance, avant que cette dernière
- ❖ Ne produise les conséquences non désirées « indice D ».

- L'indice de criticité

Est calculé pour chaque défaillance, à partir de la combinaison des trois critères précédents, par la multiplication de leurs notes respectives :

$$C = F * G * D$$

Tableau 3. 1– Indice de fréquence F²

<i>Valeur de F</i>	<i>Fréquence d'apparition de la défaillance</i>
1	Défaillance pratiquement inexiste nte sur des installations similaires en exploitation, au plus un défaut sur la durée de vie de l'installation.
2	Défaillance rarement apparue sur du matériel similaire existant en exploitation « exemple un défaut par an ».
3	Défaillance occasionnellement apparue sur du matériel similaire existant en exploitation « exemple : un défaut par trimestre » .
4	Défaillance fréquemment apparue sur un composant connu ou sur du matériel similaire existant en exploitation « exemple : un défaut par mois »

Tableau 3. 2– Indice de gravité G

<i>Valeurs de G</i>	<i>Gravité de la défaillance³</i>
1	Défaillance mineure : aucune dégradation notable du matériel « exemple: TI \leq 10 min ».
2	Défaillance moyenne nécessitant une remise en état de courte durée « exemple: 10 min $<$ TI \leq 30 min ».
3	Défaillance majeure nécessitant une intervention de longue durée « exemple 30min $<$ TI \leq 90 min ».
4	Défaillance catastrophique très critique nécessitant une grande intervention « exemple TI $>$ 90 min ».
5	Sécurité/Qualité : accident pouvant provoquer des problèmes de sécurité des personnes, lors du dysfonctionnement ou lors de l'intervention.

² L'indice de fréquence F est établi pour chaque association composant, mode, cause.

³ L'effet de la défaillance s'exprime en termes de durée d'arrêt. **TI** : temps d'interruption.

Tableau 3. 3– Indice de non détection D	
Valeurs de D	Non détection de la défaillance ⁴
1	Les dispositions prises assurent une détection totale de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant ainsi d'éviter l'effet le plus grave provoqué par la défaillance pendant la production.
2	Il existe un signe avant-coureur de la défaillance mais il y a risque que ce signe ne soit pas perçu par l'opérateur. La détection est exploitable.
3	La cause et/ou le mode de défaillance sont difficilement décelables ou les éléments de détection sont peu exploitables. La détection est faible.
4	Rien ne permet de détecter la défaillance avant que l'effet ne se produise : il s'agit du cas sans détection.

❖ *Définition des actions correctives*

Description des actions correctives à mettre en œuvre pour remédier définitivement aux défaillances.

- Estimation de la criticité après application des actions correctives.

❖ *Cas d'application*

L'AMDEC est particulièrement destinée aux constructeurs « AMDEC prévisionnelle » et aux utilisateurs des machines « AMDEC opérationnelle ».

A. AMDEC prévisionnelle

En phase de conception, pour vérifier certains points particuliers « éléments nouveaux, spécifiques ou complexes » dont on connaît mal le comportement.

Elle permet l'amélioration de la conception de la conception, la validation d'une solution technique par apport à un cahier des charges ou une exigence spécifique, la

⁴ : Signes avant-coureurs: bruit, vibration, accélération, jeu anormal, échauffement,

Visuel

mise à plat des dispositions d'assurance qualité, la préparation d'un plan de maintenance ; on la met en pratique quand les composants sont définis, avant que les plans de détail ne soient figés.

B. AMDEC opérationnelle

En période d'exploitation, pour améliorer le comportement d'un matériel critique, pour mettre au point le plan de maintenance d'une nouvelle solution installation ou pour optimiser des actions de maintenance « choix, procédures, stocks ».

Cependant L'AMDEC n'est pas un outil universel. Ainsi la méthode ne permet pas de prendre en compte les combinaisons de plusieurs défaillances .d'autres méthodes peuvent alors être utilisées en complément « arbre de défaillance, méthode de combinaison de pannes... » De plus les conséquences des erreurs humaines sont mal prises en compte .enfin, L'AMDEC n'est pas adaptée à l'analyse des logiciels.

3.2. Diagramme de Gantt ou « diagramme à barres »

Etabli par Henry Gantt en 1885 c'est une représentation très pratique et très utilisée.

Les tâches ou activités sont ordonnées sur une échelle de temps en fonction des antériorités entre les tâches, de la disponibilité des moyens matériels...

Ce diagramme (ou planning) présente un certain nombre d'avantages :

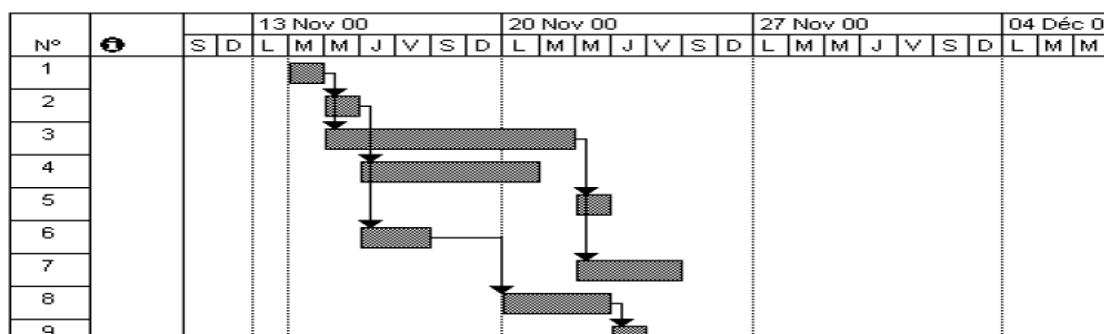
- lecture simple et accessible à tous.
- le suivi peut s'effectuer facilement lors du déroulement du projet en comparant les dates prévues et les dates réelles.
- les dates de début et de fin de chaque tâche sont lues directement sur l'échelle de temps.
- il permet en affectant les ressources aux tâches d'établir le plan de charge.

Par contre il possède un désavantage important: pas de mise en évidence des relations d'antériorité existant entre les tâches.

Cela entraîne les inconvénients suivants :

- en cours de déroulement du projet si une tâche prend du retard on ne peut déterminer si cela aura une influence sur la fin du projet.
- lors de la mise à jour du planning on décale les tâches en retard vers la droite on ne peut déterminer quelles sont les tâches.

Exemple : Diagramme de Gantt



Les tâches sont représentées par des "barres" dont la longueur correspond à la durée.

Sur ce diagramme dit "flécher" les liens d'antériorité entre les tâches sont représentés par des flèches.

Par exemple la tâche 8 ne peut commencer que lorsque la tâche 6 est finie.

Remarque : Le temps de travail ne comportant pas les week-ends la tâche 8 ne démarre que le lundi.

3.3. Méthode Kanban

3.3.1. Fonctionnement de base

A. Modélisation du système industriel

Tout système industriel peut être considéré comme une succession de postes de travail qui s'enchaînent de façon à élaborer progressivement un produit.



Figure 3. 1. Modélisation du système industriel

Chaque poste fabrique un composant, ou une partie du produit, qui sera utilisé ultérieurement par un poste suivant. Chaque poste joue donc simultanément un rôle de fournisseur pour le, ou les, poste(s) suivant(s) et un rôle de client pour le, ou les, poste(s) précédent(s).

B. Relations Client/Fournisseur

Le client passe commande à un fournisseur par l'intermédiaire d'un bon de commande et le fournisseur livre le client en joignant à la marchandise un bon de livraison.

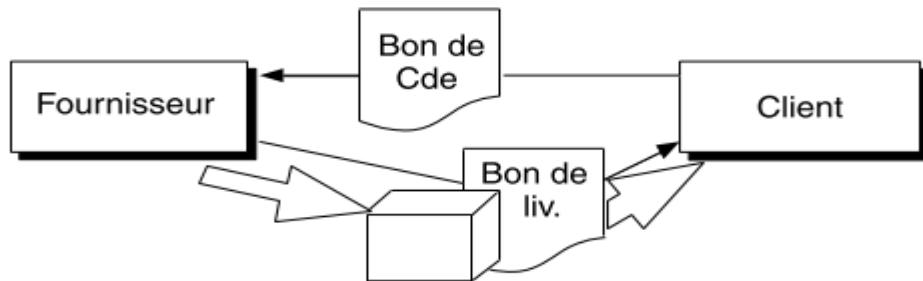


Figure 3. 2. Relation Client/Fournisseur

C. Application au système Kanban

Le système Kanban est une méthode basée sur le réapprovisionnement sur point de commande.

Le client passe une commande au fournisseur grâce à un Kanban (fonction « Bon de commande ») et le fournisseur livre les produits avec un Kanban (fonction « Bon de Livraison »).

D. Composition d'un Kanban

Le Kanban doit assurer, comme on vient de le voir, une fonction « Bon de Commande » et une fonction « Bon de Livraison ». Un Kanban se présente donc simplement sous la forme d'un document de ce type : commande » et le fournisseur livre les produits avec un Kanban (fonction « Bon de Livraison »).

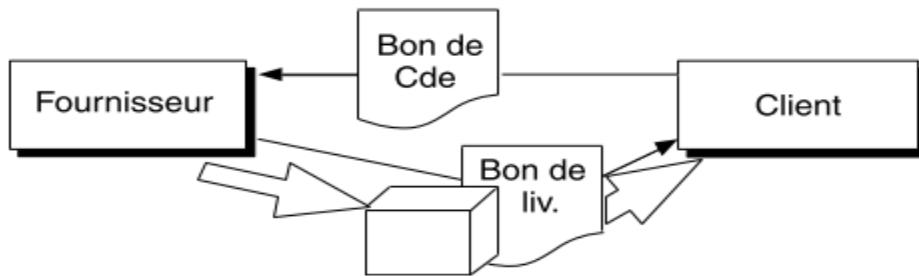


Figure 3. 3.Composition d'un Kanban

La méthode Kanban tient son nom de ce document puisque Kanban signifie « carte », « fiche », « enseigne » ou « étiquette » en japonais.

E. Fonctionnement élémentaire

- Le client passe commande à un fournisseur avec un kanban.
- Lorsqu'il est prêt à travailler, le fournisseur analyse son carnet de commande (ensemble des Kanbans reçus) et exécute une des commandes qui lui a été passée.
- Quand le travail est terminé, le fournisseur envoie les pièces demandées dans un container accompagnées d'un bon de livraison (kanban).

F. Le TOP (Tableau d'Ordonnancement de la Production ou tableau des Kanban)

Chaque poste fournisseur possède un TOP, Tableau d'Ordonnancement de la Production ou Planning des Kanbans, qui lui sert de carnet de commande. C'est un espace comprenant des emplacements prévus pour recevoir les Kanbans correspondants aux demandes de production.

La présentation d'un TOP peut se présenter suivant un planning de fiches en « T » ou un planning GANTT.

Tableau 3. 4. Tableau d'ordonnancement de la production du poste de travail M

| Pierce « référence 1 » |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Description d'un TOP en « T ».

Dans ce TOP, nous remarquons que le poste de travail M peut fabriquer les pièces de référence 1, 2, 3, n.

De plus, nous voyons qu'il y a deux emplacements de prévus pour recevoir des kanbans correspondant à la pièce de référence 1. Par similitude, il y en a 4 pour les pièces Référence 2,3 pour les pièces Référence 3 et Référence n.

Tableau 3. 5. Tableau d'ordonnancement de la production du poste de travail M

Pierce « référence 1 »				
Pierce « référence 2 »				
Pierce « référence 3 »				
Pierce « référence 4 »				
Pierce « référence n »				

Description d'un TOP en « GANTT ».

3.3.2. Fonctionnement détaillé

a) Hypothèses

Ce système ne fonctionne qu'après avoir admis plusieurs hypothèses :

- les pièces circulent entre les postes dans des containers (boîtes);
- tous les containers contiennent le même nombre de pièces;
- il n'y a pas de mélange de pièces dans un container;
- toutes les pièces d'un container sont bonnes;
- lorsque l'on fabrique un type de pièces à un poste, on fabrique des multiples de container;
- on associe à un container une et une seule étiquette (Kanban) qui contient des informations de fabrication;
- il y a autant de kanbans qu'il y a de containers en circulation.

b) Simple Kanban

Un poste « Client » entame un container de pièce « n ». Il décroche le Kanban qui y était accroché et l'accroche dans un des emplacements prévus pour cette pièce du TOP du poste « Fournisseur ». Ensuite, il travaille à son rythme.

Le poste « Fournisseur » est prêt à commencer un nouveau travail. L'opérateur analyse le TOP et choisit la référence qu'il va fabriquer. Pour signaler la référence choisie, il retourne le, ou les, Kanban(s) concerné(s) et on voit apparaître « En Cours » dans les emplacements correspondants.

Lorsque le fournisseur a terminé sa fabrication, il décroche les Kanbans « En Cours » du TOP et les accroche aux containers de pièces. Ensuite, il envoie les containers au poste « Client » correspondant.

c) Double Kanban

Cette méthode est identique, dans son principe, à la précédente mais on a personnalisé les Kanbans en faisant ressortir la phase de manutention entre deux postes de fabrication.

C'est ainsi que l'on a maintenant :

- des kanbans de production (KBp), correspondant à des ordres de fabrication;
- des kanbans de manutention (KBm), ou kanbans de prélèvement.

Le poste « Client » entame un container de pièce « n ». Il décroche le Kanban de manutention (KBm) attaché au container et le place dans une boîte.

Avec une périodicité très courte, les Kanbans en attente sont relevés par le manutentionnaire qui, selon les indications des cartes, va au poste « fournisseur » concerné.

Arrivé au poste « Fournisseur », il enlève le kanban de production (KBp) d'un container plein qui est terminé, il l'accroche dans un des emplacements prévus pour cette pièce du TOP du poste « Fournisseur » et lui substitue le KBm. Ensuite, il ramène le (ou les) container(s) plein(s) avec leur KBm au poste « Client ».

Le poste « Fournisseur » est prêt à commencer un nouveau travail. L'opérateur analyse le TOP et choisit la référence qu'il va fabriquer (KBp). Pour signaler la référence choisie, il retourne le, ou les, Kanban(s) concerné(s) et on voit apparaître « En Cours » dans les emplacements correspondants.

Lorsque le fournisseur a terminé sa fabrication, il décroche les Kanbans (KBp) « En Cours » du TOP et les accroche aux containers de pièces. Ensuite, il met les containers en attente à son poste.

3.3.3. Dimensionnement du TOP

a) Démarche

Le dimensionnement d'un TOP s'effectue en trois étapes :

- analyse de tous les flux par type de pièces entre chaque poste fournisseur et tous les clients potentiels de cette pièce;
- déterminer la taille d'un container;
- déterminer le nombre de containers à faire circuler pour cette pièce.

b) Flux de production

Il faut penser flux et non capacité. Le flux s'exprime en nombre de pièces par unité de temps (unité de planification : heure, jour, semaine...). Il faut déterminer tous les flux de pièces à chaque poste.

c) Calcul du nombre de Kanbans

La formule la plus couramment référencée dans les ouvrages s'exprime de la manière suivante :

$$n = \frac{(D \times L) + G}{C}$$

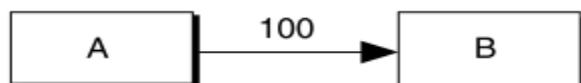
- D : demande moyenne par unité de temps.
- L : délai de mise à disposition d'un container de pièces.
- C : capacité d'un container.
- G : facteur de gestion ou marge de sécurité permettant de pallier à l'irrégularité plus ou moins importante de la fabrication (souvent égal à 10 % de DL).

d) Dualité taille du container/Nombre de containers

Pour notre part, nous estimons que la formule précédente montre ses limites. En effet, dans la détermination du nombre de kanbans, on fixe a priori la taille des containers (souvent estimée à 10 % de la demande journalière). Pour notre part, nous pensons qu'il faut dimensionner le couple taille du container et nombre de containers

Remarque : Rappelons-nous que tous les containers contiennent le même nombre de pièces.

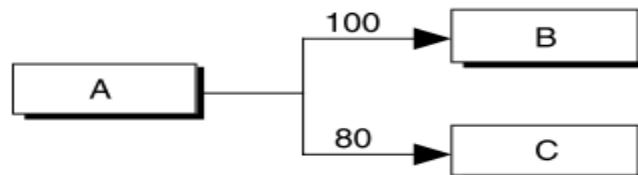
➤ Cas d'un poste alimentant un autre poste



Si j'ai un flux de 100 pièces à réaliser, celles-ci peuvent se répartir en :

NB Containers	1	2	4	5	10	20	25	50	100
NB pièces	100	50	25	20	10	5	4	2	1

➤ Cas d'un poste alimentant plusieurs postes



Entre A et B

NB Containers	1	2	4	5	10	20	25	50	100
NB pièces	100	50	25	20	10	5	4	2	1

Entre A et C

NB Containers	1	2	4	5	8	10	16	20	40	80
NB pièces	80	40	20	16	10	8	5	4	2	1

Les containers doivent contenir le même nombre de pièces. Ils peuvent contenir : 20, 10, 5, 4, 2 ou 1 pièces.

➤ *Dimensionnement de la taille du container*

La détermination finale du couple Taille/Nombre des containers s'effectuera par :

- Élimination des gros containers en tenant compte de :
- la limitation de l'emballage (poids, volume...);
- la limitation des moyens de manutention.

- Élimination des petits containers en tenant compte de :
- la disponibilité des moyens de manutention;
- la taille des lots de fabrication.

Cette analyse nous permet maintenant de préciser sur le planning des kanbans d'une pièce d'un TOP trois indicateurs :

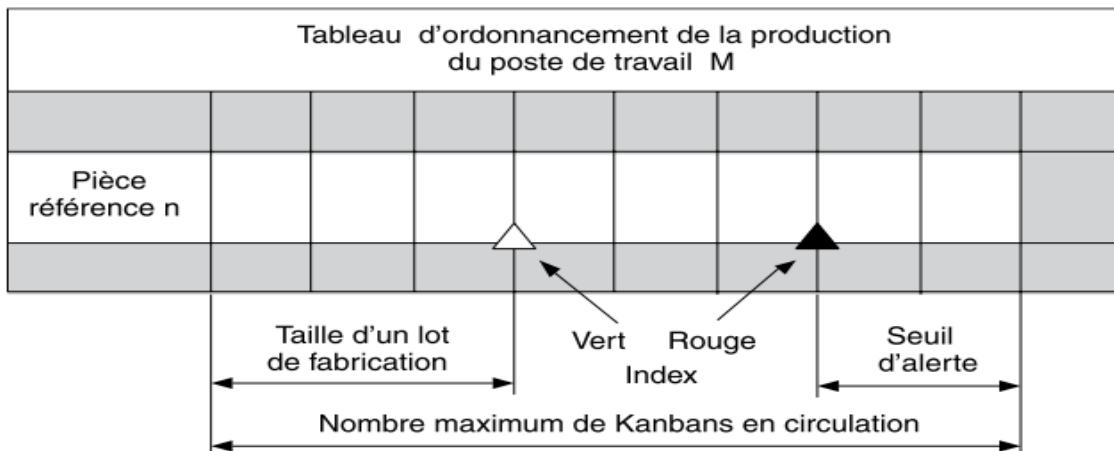


Figure 3. 4. Structure d'un TOP

- **Limite maximum** du nombre de kanbans en circulation pour cette pièce entre le poste fournisseur et tous les postes clients;
- un nombre de kanbans, repéré par un index vert indiquant le lot minimum de lancement en fabrication. En l'absence d'index, la valeur 1 est prise par défaut;
- une zone d'alerte repérée par un index rouge signalant à l'opérateur qu'il est urgent de réagir pour cette pièce. En l'absence d'index rouge la valeur 1 est prise par défaut comme seuil d'alerte.

3.3.4. Utilisation d'un TOP

a) Analyse d'un TOP

Tableau d'ordonnancement de la production du poste de travail M																	
Pièce référence 1																	
Pièce référence 2	<table border="1"><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr></table>																
Pièce référence 3	<table border="1"><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr></table>					<table border="1"><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr></table>					<table border="1"><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr></table>						
Pièce référence n	<table border="1"><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr></table>																

Figure 3. 5.Exemple de TOP.

Compte tenu du principe de la méthode, nous voyons que :

- un emplacement vide correspond à un container plein dans le système de production;
- un Kanban en place correspond à un container à renouveler (ce container est vide ou en cours d'utilisation);

- lorsque tous les emplacements pour une référence sont vides, le stock est maximum – exemple pièce référence 1 – (il est possible de conclure que le poste « client » n'est pas assez rapide);
- lorsque tous les kanbans pour une référence sont en place, il y a rupture de stock – exemple pièce référence 3 – (il est possible de conclure que le poste « fournisseur » n'est pas assez rapide).

Remarque : Les deux dernières situations sont caractéristiques de problèmes antiflux.

b) Mode de lancement en fabrication

Lorsque le poste « Fournisseur » est prêt à commencer un nouveau travail, l'opérateur doit choisir la référence qu'il va fabriquer par analyse des kanbans positionnés dans le TOP.

Pour une référence :

- lorsque tous les kanbans sont en place, il y a urgence de fabrication de cette référence;
- lorsque les kanbans accrochés au TOP ont dépassé, ou atteint, le seuil d'alerte, il faut envisager la fabrication de cette référence;
- dans tous les autres cas, la méthode FIFO est la plus utilisée. Toutefois, on tiendra compte de la quantité minimum de lancement en fabrication signalée par l'index vert;
- lorsqu'il n'y a pas de kanban accroché au TOP, le poste doit s'arrêter de fabriquer.

3.3.5. Résultats attendus avec Kanban

a) Avantages

- Véritable maîtrise des flux par visualisation évidente avec un principe simple collant à la réalité physique.
- Permet le transfert de certaines tâches d'ordonnancement dans l'atelier entraînant une plus grande motivation du personnel.
- Permet de profiter au maximum de la flexibilité des moyens de production.
- Cette technique ne demande pas l'aide de l'informatique.
- Établit un lien direct entre les postes successifs favorisant la diminution des délais de transmission de l'information et de circulation des pièces.

- Diminution des stocks (à titre d'exemple, chez Toyota, les stocks sont passés d'un mois et demi à trois jours de production).
- Favorise une production plus proche de la demande sans stock diversité entraînant un coût plus faible de production.

b) Contraintes

- Le système exige :
 - un outil capable de passer rapidement d'une fabrication à une autre;
 - une production avec des cycles les plus courts possibles;
 - un outil de production sans défaillance avec des pièces sans défaut (contrôle de qualité à 100 %);
 - un système de pilotage maîtrisant l'écoulement des produits et les changements de fabrication.
- La mise en flux exige :
 - le regroupement et l'affectation des machines à une production;
 - la synchronisation des transferts de pièces (stock 0);
 - des moyens de manutention adaptés.
- Il est indispensable de :
 - mettre en place un contrôle qualité à 100 % (toute pièce défectueuse entraîne une rupture de flux);
 - d'organiser l'outil de production par ligne de produit et non par atelier technologique ;
 - Ne mettre en place un système Kanban qu'après avoir amélioré l'outil de production.

c) Inconvénients

- Cette technique ne s'applique qu'à une production en flot continu se rapprochant d'une industrie de type process (les produits doivent s'écouler régulièrement).
- Le Kanban n'est pas une technique de stock 0 mais un système à stock mini (point de commande) et qui recomplète les stocks simplement parce qu'il y aura eu consommation. Le stock se trouve dans la ligne de production à différents états de L'entreprise est très fragilisée en cas de perturbation d'approvisionnement des matières
- premières ou composants de base.

d) Conséquences

- Rechercher à fabriquer au maximum par petits lots par diminution des temps de changement et de réglage de l'outil.
- Pour gagner du temps lors d'un changement de référence il ne faut pas écarter une reconception des produits.
- Le Kanban demande une grande discipline qui peut aller à l'encontre des habitudes occidentales (ne pas produire au risque de sous-utilisassions des machines).
- Dans ce système, la circulation des informations est aussi importante que la circulation des pièces. Il sera donc nécessaire de mettre en place un système efficace de transmission des Kanbans (manuel, pneumatique, informatique...).
- Il faut également penser à la circulation des containers vides. Aucun manuel n'en parle et pourtant c'est un élément capital dans la bonne circulation des pièces.
- C'est un système à production tirée, c'est-à-dire que le processus aval se fournit directement au processus amont pour renouveler les pièces qu'il consomme.

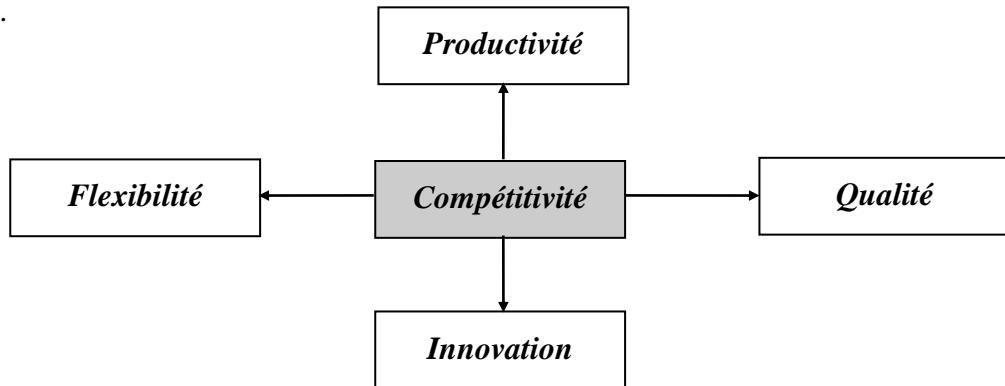
3.4. Autodiagnostic

Autodiagnostic Et Appréciation de la compétitivité

Le but de l'autodiagnostic est de faire ressortir les points forts et les faiblesses de l'entreprise et d'apprécier sa compétitivité.

La compétitivité est la capacité de l'entreprise à affronter la concurrence grâce à son potentiel sans subir de handicap. Elle se mesure par l'évolution des parts de marché. Globalement, la compétitivité repose sur 4 variables souvent représentées sur un carré magique :

- ***la productivité*** : elle conditionne le niveau des coûts et donc les prix et les marges
- ***la flexibilité*** des hommes, des structures et de la production qui permet une adaptation rapide à la demande et aux évolutions de l'environnement
- ***la qualité*** : elle accroît les performances du produit et réduit les coûts de non-qualité (rebuts - retours - réclamations - litiges...)
- ***l'innovation*** qui est l'aptitude à introduire des nouveautés économiques sur le marché.



L'entreprise ne peut les atteindre que grâce à son potentiel de ressources. En faisant ressortir ses forces et ses faiblesses, l'entreprise prépare son avenir.

La détection des points à améliorer en priorité dans un périmètre clairement identifié, on admet implicitement qu'il n'est pas possible de tout faire à la fois. Il comporte les opérations suivantes :

- Etablir la liste des couples clients/produits de l'unité choisie
- Analyser les coûts de défaillance
- Etudier les processus de production concernés
- Analyser les prestations internes et les supports
- Analyser le fonctionnement social de l'unité

CHAPITRE 4 : GESTION DES PREMIERES ETAPES D'UNE ANALYSE

4.1. Diagramme KJ

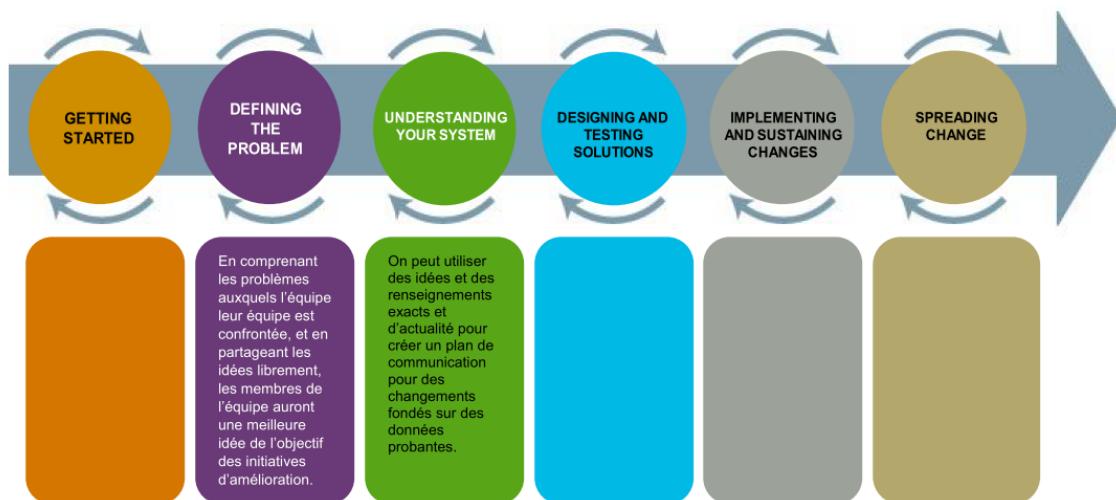
Pourquoi utiliser un diagramme des affinités?

Un Diagramme des affinités est un Outil développé au Japon dans les années 50 par Jiro Kawakita ; permettant de définir plus clairement une situation mal connue, de structurer des idées floues. Son objectif est de cerner plus clairement un problème apparaissant peu précis, en l'absence de données objectives. Rassembler et structurer des idées pour mettre en évidence leur appartenance à une logique commune

Parfois appelé aussi « tableau des affinités » est utilisé généralement pour organiser des idées, des opinions et des questions et les assembler en catégories en fonction de leurs relations naturelles. Les équipes responsables de l'amélioration peuvent ensuite analyser ces catégories et déterminer la façon dont elles influent sur le flux du travail et les processus. On peut utiliser un diagramme des affinités pour faire participer chaque membre de l'équipe, encourager la collaboration et améliorer la capacité de l'équipe de résoudre des problèmes complexes. Par exemple, les équipes peuvent utiliser les catégories établies lors de l'élaboration du diagramme des affinités pour rédiger l'énoncé du problème (ou de l'occasion) qui se présente à l'équipe.

Cet outil est particulièrement utile lorsque les équipes sont interdisciplinaires ou composées de personnes venant de services divers.

Comment peut-on utiliser cet outil différemment à différentes étapes du cadre d'AQ?



Comment puis-je utiliser le diagramme des affinités?

1. Demandez à chaque membre de l'équipe de noter ses idées, suggestions et opinions sur des papillons repositionnables « une seule idée/suggestion/opinion par papillon repositionnable »; chacun devrait produire au moins cinq papillons repositionnables.
2. Affichez tous les papillons repositionnables sur un mur.
3. Demandez à tous les membres de l'équipe de se placer devant le mur et de chercher en silence les idées/suggestions/opinions qui semblent être reliées.
4. Demandez aux membres de l'équipe de regrouper les papillons repositionnables qui sont reliés.
5. Demandez à un membre de l'équipe d'écrire le titre de chaque catégorie sur des papillons repositionnables de couleur différente; ce sera le titre du diagramme des affinités de l'équipe.

De quoi on a besoin pour créer un diagramme des affinités?

Matériel	Durée	Cadre
Deux blocs de papillons repositionnables de couleurs différentes (une couleur pour les idées/ suggestions/opinions, l'autre pour les titres des catégories). Un marqueur par coéquipier	Prévoir une dizaine de minutes pour l'étape 1. Les étapes 2 à 4 peuvent prendre 15 à 20 minutes, tandis que l'étape 5 nécessitera entre cinq et 10 minutes.	Il faut une salle de conférence claire et bien aérée pour le diagramme des affinités. Le mur doit être dégagé pour que le groupe puisse s'y rassembler.

Quels sont les conseils pouvant faciliter l'établissement d'un diagramme des affinités?

- ❖ Les diagrammes des affinités doivent être considérés comme l'occasion de partager des idées sans être exposé aux critiques. Les membres de l'équipe ne devraient pas se laisser influencer par le point de vue de leurs coéquipiers. Le silence qui entoure l'établissement du diagramme des affinités facilite l'échange d'idées dans un cadre inclusif, amical et tolérant.
- ❖ Si un membre de l'équipe n'aime pas l'endroit où est placé le papillon repositionnable ou une idée, on devrait l'encourager à le mettre ailleurs. Si plusieurs groupes ont émis la même idée, le facilitateur peut proposer de noter cette idée sur autant de papillons repositionnables que nécessaires.

4.2. Analyse de la variance « les 5 why's , écarts »

Les cinq "Pourquoi ?" (En anglais : "5 why's" ou 5W) est la base d'une méthodologie de résolution de problèmes ("problem solving") proposée dans un grand nombre de systèmes de qualité.

Cet outil d'analyse permet de rechercher les causes d'une situation à problème ou d'un dysfonctionnement. C'est une méthode de questionnement systématique destinée à remonter aux causes premières possibles d'une situation, d'un phénomène observé.

C'est une version simplifiée de l'arbre des causes, qui consiste à se poser plusieurs fois de suite la question : « Pourquoi ? » et à répondre à chaque question, en observant que les phénomènes sont entièrement résolus en moins de cinq questions.

❖ Fonctionnement

La démarche consiste à se poser la question « Pourquoi ? » au moins cinq fois de suite pour être sûr de remonter à la cause première. Il suffit ensuite de visualiser les cinq niveaux (ou plus) sous forme d'arborescence. Les étapes sont les suivantes :

- Enoncer clairement le problème
- Répondre, en observant les phénomènes physiques, à la question « Pourquoi ? »
- Apporter la solution à cette réponse
- La réponse faite à chaque étape devient le nouveau problème à résoudre, et ainsi de suite.

Pour cela, le problème est reformulé sous la forme d'une question commençant par pourquoi.

Précautions d'emploi

- S'attacher aux faits, c'est-à-dire aux actions ou événements qui se sont réellement déroulés.
- Les décrire de façon objective et précise : chaque membre du groupe doit être d'accord sur la formulation.
- Ne pas porter de jugement de valeur, ne pas interpréter. Mettre en place des solutions durables qui s'appuient sur des faits vérifiés plutôt que sur du comportemental.

Exemples

Le problème : fuite d'huile sur une presse hydraulique

1. Pourquoi ? Filtre bouché

2. Pourquoi ? Le filtre s'est bouché, car l'huile était sale
3. Pourquoi ? L'huile était sale, car il y avait des particules métalliques dans l'huile
4. Pourquoi ? Il y avait des particules, car le bouchon de remplissage était absent
5. Pourquoi ? Le bouchon était absent, car il avait été mal positionné et il a été perdu.

La solution : bouchon de remplissage d'huile attaché à une chaîne.

Le problème : la voiture ne démarre pas.

1. Pourquoi ? La batterie n'est pas chargée
2. Pourquoi ? L'alternateur ne fonctionne pas
3. Pourquoi ? La courroie de l'alternateur est cassée
4. Pourquoi ? J'ai dépassé la durée préconisée par le constructeur et la courroie était usée
5. Pourquoi ? Je n'ai pas respecté les préconisations du constructeur (la cause première)

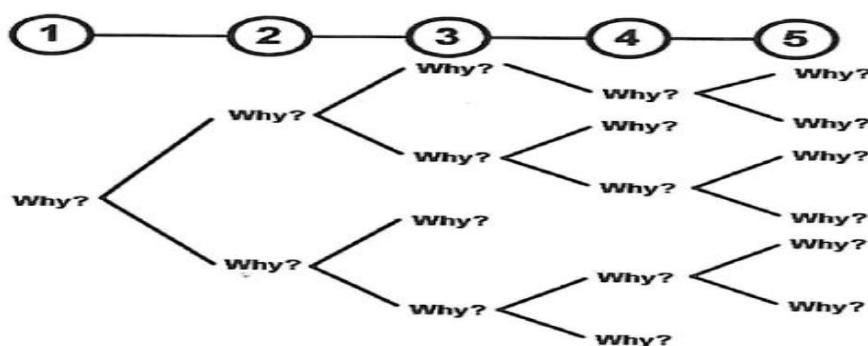
La solution : respect des préconisations du constructeur du livret d'accompagnement.

Le problème : mes impôts ont augmenté.

1. Pourquoi ? Je dois payer 10% d'impôts en plus
2. Pourquoi ? Je n'ai pas rendu ma déclaration à temps
3. Pourquoi ? Je n'avais pas toutes les informations nécessaires sur mon patrimoine
4. Pourquoi ? Je n'ai pas fait évaluer par un expert certains biens dont j'ai hérité
5. Pourquoi ? Je n'ai pas trouvé d'expert à temps pour cette évaluation (la cause première)

La solution : prévoir un expert l'année prochaine pour l'évaluation de mes biens.

Exemple de progression :



4.3. Brainstorming « Le jaillissement des idées »

C'est à l'américain Osbom, directeur d'une agence de publicité (1937), que revient cette idée.

Pour l'appliquer il est nécessaire d'observer scrupuleusement un certain nombre de règles, sinon l'imagination s'arrête.

❖ Laisser aller son imagination

Toutes les idées, même les plus extravagantes, sont admises et attendues, certains disent aussi qu'il faut mettre en roue libre".

❖ Ne jamais critiquer

C'est le principe du jugement différé. Il est inutile, dans cette phase, de dire : "c'est trop ... ; n'est pas assez ... ; ce n'est pas bien ... ; c'est très bien ..." puisque l'on collecte des idées.

De plus nous connaissons notre susceptibilité entraînant un frein immédiat sous l'effet d'une marque critique.

❖ Viser la quantité

C'est le but essentiel du Brainstorming car on ne sait pas trouver directement les bonnes idées. En conséquence les chances d'arriver à la bonne solution sont multipliées à partir de 50 idées émises, plutôt qu'à partir de 2.

Le groupe doit donc être "fluide" (flot continu d'idées) et "flexible" (recherche dans des axes différents).

❖ Associer les idées

C'est l'intérêt du travail en groupe.

❖ Noter tout

C'est la conséquence de la troisième règle. De plus, à cette recherche libre d'idées, devra succéder une phase permettant de trier "les bonnes des mauvaises".

4.4. Matrice auto-qualité

Qui fait partie de la boîte à outils de certaines méthodes de résolution de problème, et d'implication du personnel, qui identifie le lieu d'apparition d'un défaut et son lieu de détection.

Le principe de l'auto-qualité repose sur le fait de ne pas passer qu'un produit bon à l'étape suivante.

Ainsi dans cet état d'esprit, il est primordial de donner la maîtrise de la qualité aux opérationnels qui produisent. L'enjeu est de favoriser les processus d'auto-activation des équipes.

Mais aussi de maîtriser les moyens de l'auto-qualité et ce afin de faire « bon de premier coup »

❖ *Les moyens de l'auto-qualité*

- Poka yoke « alertes pour éviter les erreurs »
- Jidokha
- Standard
- Auto-contrôle, SPC

❖ *Objectifs*

- Redonner la maîtrise de la qualité opérationnelle
- Eliminer la production de non-qualité
- Faire en sorte de ne pas passer qu'un produit bon au processus suivant
- Mobiliser les équipes sur l'assurance qualité

4.5. Analyse de la valeur « optimisation de produit ou processus ROI »

4.5.1. Définition

L'analyse de la valeur (AV) est une méthode d'optimisation de la conception de produits, services et organisations, qui permet de mobiliser les compétences requises dans une démarche structurée. Sa spécificité tient dans la mise en œuvre du raisonnement « valeur », qui vise à augmenter l'utilité et/ou diminuer les coûts pour ses parties prenantes, tout au long du cycle de vie. La Conception à Coût Objectif « CCO ou Design To Cost, DTC » suit la même démarche, après la définition d'un « coût objectif » plafond prédéterminé et un cahier des charges fonctionnel. Elle vise à supprimer toutes les ressources qui ne contribuent pas directement aux fonctions du produit ou service final.

4.5.2. Objectif de la méthode

L'objectif de l'Analyse de la Valeur est de réduire les coûts d'un produit/service ou d'une organisation, ou de « concevoir une solution parfaitement adaptée aux besoins de son utilisateur et, ceci, au coût le plus faible ». La Conception à Coût Objectif (Design To Cost) vise à réduire les coûts à un niveau défini comme optimal. Cette méthode est souvent appliquée dans le cadre d'une démarche d'optimisation des achats, ou de recherche d'innovation. On parle de Reconception à Coût Objectif (Redesign To Cost) lorsque cette démarche est utilisée pour améliorer une solution existante.

4.5.3. Déroulement et modalités d'organisation

La spécificité des méthodes d'Analyse de la Valeur et Conception à Coût Objectif tient dans la mise en œuvre du raisonnement « valeur », qui vise, à travers un questionnement spécifique, à augmenter l'utilité et/ou diminuer les coûts pour les parties prenantes. La (re)conception optimale d'un produit ou service avec la méthode d'Analyse de la Valeur, présentée par les normes AFNOR NF X50-100, 151 et 152 4, se fait en plusieurs étapes :

1. Le lancement du projet est une étape essentielle pour orienter l'action. Il permet de définir le périmètre, l'objectif (augmenter les revenus ou la qualité, réduire les coûts, les délais ou les risques), l'équipe et le planning. Cette étape sert également à rechercher l'information sur la solution actuelle et les alternatives déjà connues. En cas de Re-Conception à Coût Objectif, un objectif de coût-cible est défini.
2. L'analyse fonctionnelle (« à quoi ça sert ? ») vise à faciliter et guider l'expression des besoins des parties prenantes, indépendamment des solutions, en exprimant dans un

Cahier des Charges Fonctionnel les performances requises et les contraintes à respecter à chaque étape du cycle de vie du produit ou service.

3. L'analyse de la valeur (« pourquoi ça coûte ? ») relie les coûts de la solution actuelle aux besoins pour repérer les coûts inutiles ou besoins trop coûteux et prioriser les changements, en incluant les ressources consommées à chaque étape du cycle de vie.

4. L'étape suivante fait appel à la créativité (« changer quoi ? »), pour rechercher et évaluer les idées et voies de solutions, avec les parties prenantes, sur la base des étapes précédentes. Il s'agit d'optimiser la valeur, c'est-à-dire de choisir les solutions répondant aux besoins au moindre coût, avec le meilleur rapport coûts/bénéfices.

5. Enfin, la réflexion aboutit au choix d'une solution et au suivi de sa réalisation, par un plan de mise en œuvre.

Ces étapes peuvent être répétées pour affiner la conception de détail ou de variantes.

4.5.4. Moyens à mobiliser et délais de mise en œuvre

❖ Ressources humaines

Chaque projet d'Analyse de la Valeur doit impliquer les compétences utiles :

- un chef de projet, responsable de l'atteinte du résultat devant les décideurs ;
- les personnes détenant les informations utiles pour répondre à chaque question utilisateurs, vendeurs, après-vente, qualité/sécurité/environnement, concepteurs, acheteurs, fournisseurs, fabricants, experts, gestionnaires, etc. ;
- celles concernées par le changement éventuel appelé par la solution retenue, qui doivent être impliquées au moins dans les étapes de choix ;
- un animateur expérimenté en Analyse de la Valeur/Conception à Coût Objectif s'avère utile pour aider les participants à maîtriser ce raisonnement inhabituel, adapter les outils et ouvrir les solutions vers des domaines innovants.

❖ Ressources techniques

- La méthode ne requiert pas de moyen technique spécifique, mais suppose de disposer des informations et moyens d'analyse sur les besoins, performances et contraintes, sur les coûts de la solution actuelle et sur les solutions alternatives.
- Des logiciels ont été développés pour servir de support aux outils et analyses ou au travail collaboratif.

❖ **Ressources financières**

L'essentiel des coûts liés à la mise en œuvre de l'Analyse de la Valeur tient dans le temps consacré par les acteurs,

- internes ou externes à l'entreprise.
- Le coût (interne + externe) d'une démarche d'Analyse de la Valeur varie donc considérablement, de quelques dizaines
- à plusieurs centaines de milliers d'euros. Ces opérations ont généralement un retour sur investissement significatif.

❖ **Durée de mise en place**

- Dans le cas d'un accompagnement par un cabinet de conseil, un projet d'Analyse de la Valeur (jusqu'au lancement des actions) peut être mis en place en environ deux mois, avec environ une demi-journée par semaine mobilisée sur le projet. Ces délais varient bien sûr selon le type d'entreprise et sa complexité, et selon les objectifs visés.

❖ **Durée d'utilisation**

- Cette méthode est adaptée aux moments-clés de reconception des produits et services : nouvelle gamme, projet de réduction des coûts, concurrence aggravée, nouveau marché, etc.

❖ **Résultats attendus**

- Des améliorations de performance (qualité, délais, revenus) et des réductions des coûts et ressources consommées (matières, énergie, temps, délais, risques, investissement) sont principalement visées. Elles peuvent résulter en une réduction des déchets et de l'impact environnemental (voire sociétal) issus du processus de production.
- Une reconception par l'Analyse de la Valeur ou la reconception à Coût Objectif génère souvent plus de 10 % de gains, de 5 % en environnement très contraint à plusieurs dizaines de % (des exemples de gain de 100 % existent).

❖ **Mécanisme de suivi des actions**

- Le suivi des actions doit être fait régulièrement. Des indicateurs peuvent être mis en place sur chaque action, et une personne désignée pour renseigner ces indicateurs.
- La personne en charge du projet peut superviser l'ensemble du suivi.

En cas de difficulté de mise en œuvre, des actions correctives doivent être envisagées.

Partie TD

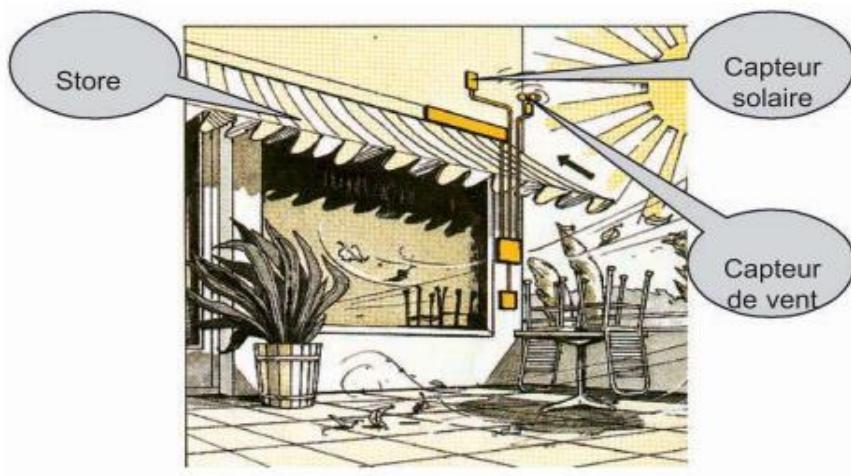
ANALYSE FONCTIONNELLE

Partie I.1. Etude fonctionnelle d'un produit

Exercice 1 : Store automatique

Description : Le système présenté ci-dessous permet de commander automatiquement un store de protection solaire en tenant compte de l'intensité du vent et de la luminosité.

Il est équipé de deux capteurs de détection de la lumière solaire et du vent. Si la lumière solaire dépasse un certain seuil d'intensité, le store descend. Si l'intensité lumineuse diminue en dessous d'un autre seuil, le store remonte. L'installation est protégée contre les vents intenses grâce à une mesure de son intensité qui provoque la remontée du store à partir d'un seuil fixé par l'opérateur.



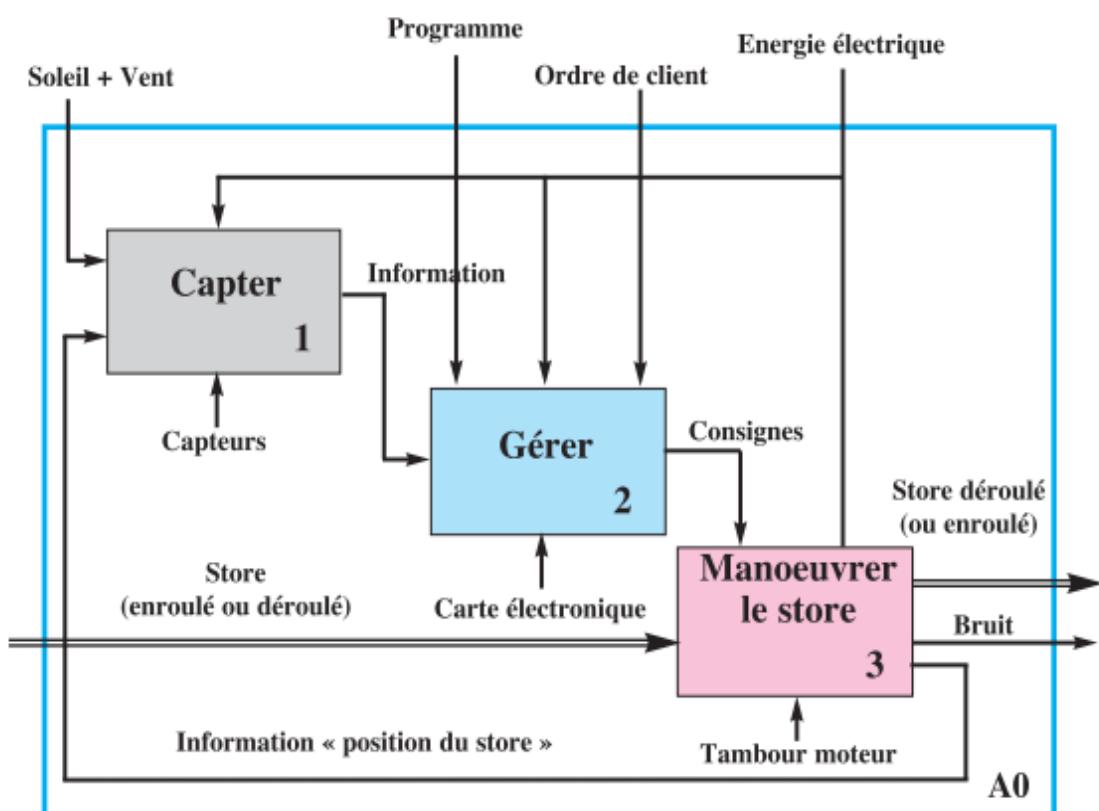
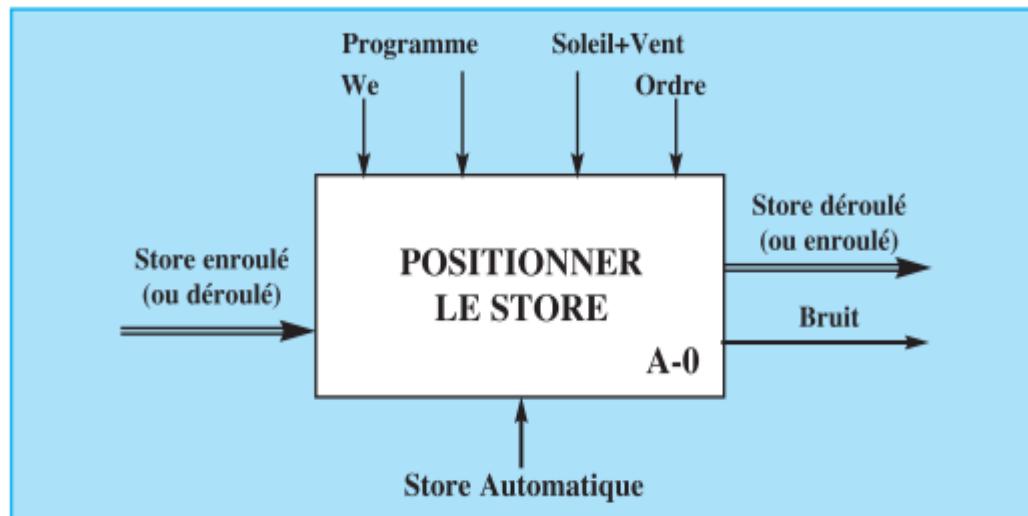
Solution

Le système de manœuvre de store automatique est constitué par :

- ❖ Des capteurs pour capter le vent et le soleil.
- ❖ Une carte électronique pour traiter les informations venant des capteurs et gérer le système.
- ❖ Un tambour moteur permettant de dérouler ou enrouler le store.

En se référant au modèle fonctionnel A-0 du store, représenter l'actigramme de niveau A0.

Analyse fonctionnelle



Analyse fonctionnelle

Exercice 2 : Sous station de réception par satellite des programmes TV

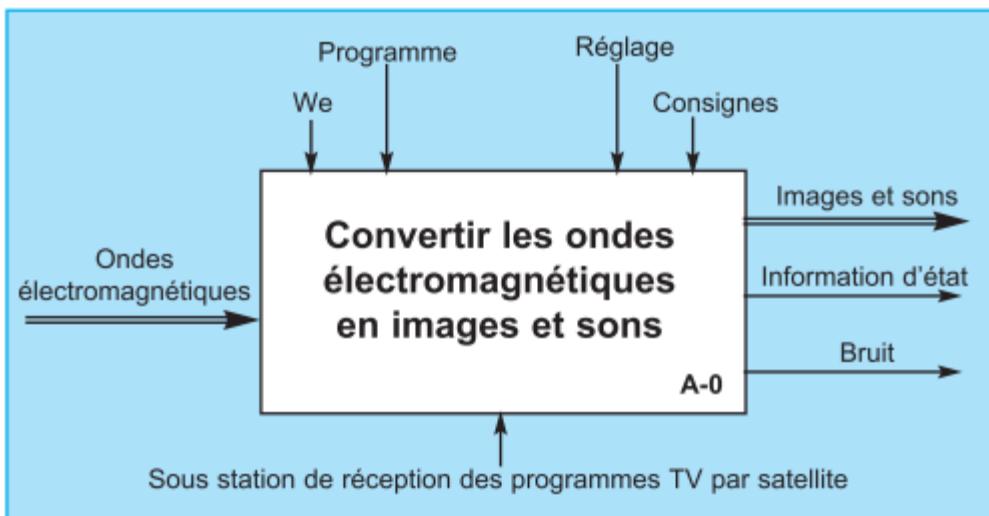
❖ Présentation : La sous station de réception par satellite des programmes TV est constituée principalement par :

- Un téléviseur
- Un récepteur-positionneur
- Une antenne parabolique



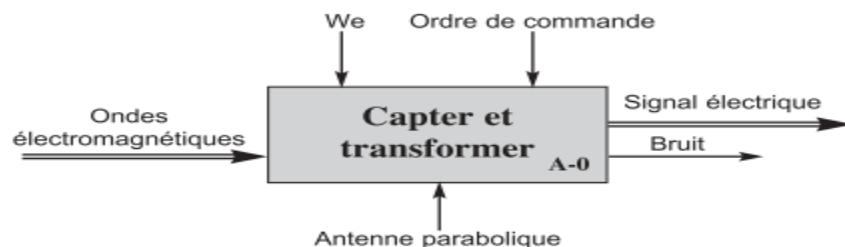
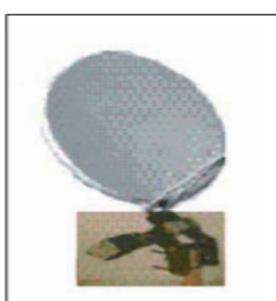
Solution

- Modélisation du système « analyse interne : Actigramme »



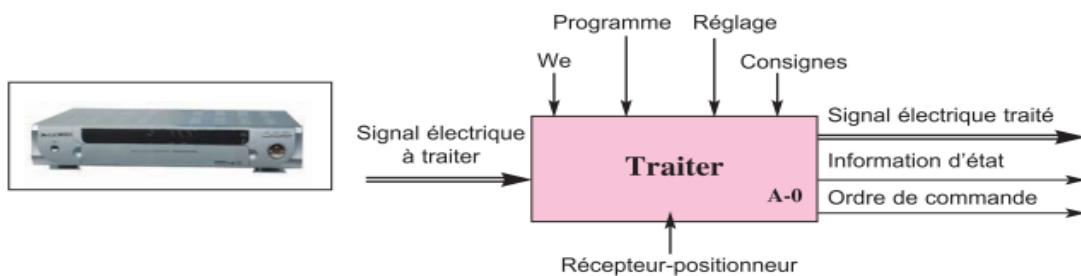
- Modélisation des sous-systèmes

- Capter et Transformer :

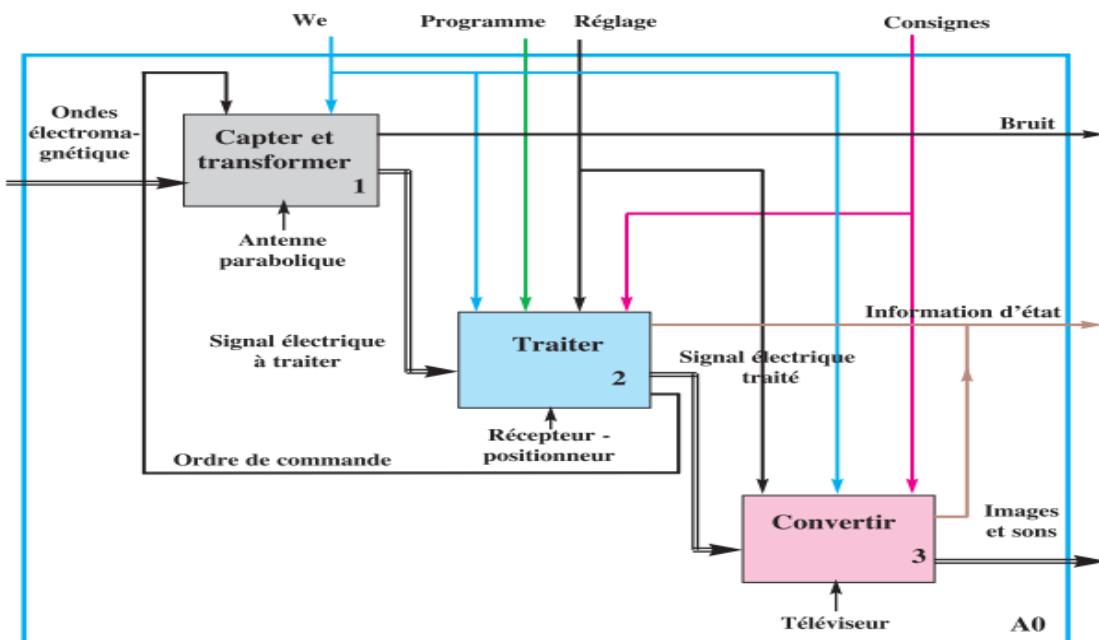
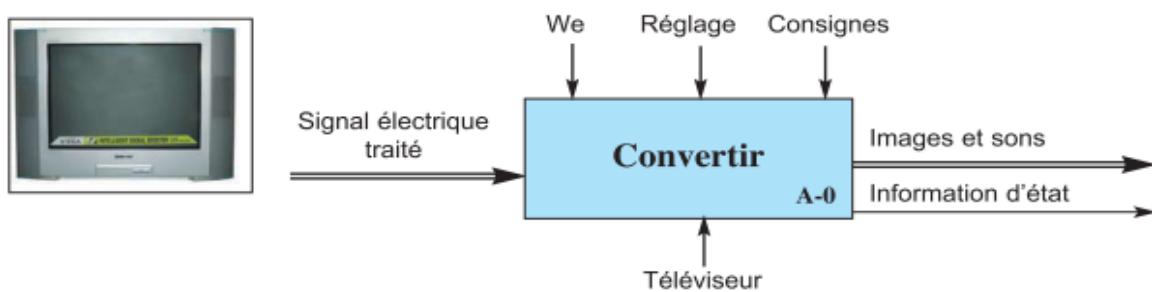


Analyse fonctionnelle

- Traiter :



- Convertir :



Analyse fonctionnelle

Partie I.2. Phase de planification « Diagramme de PERT »

Exercice 1:

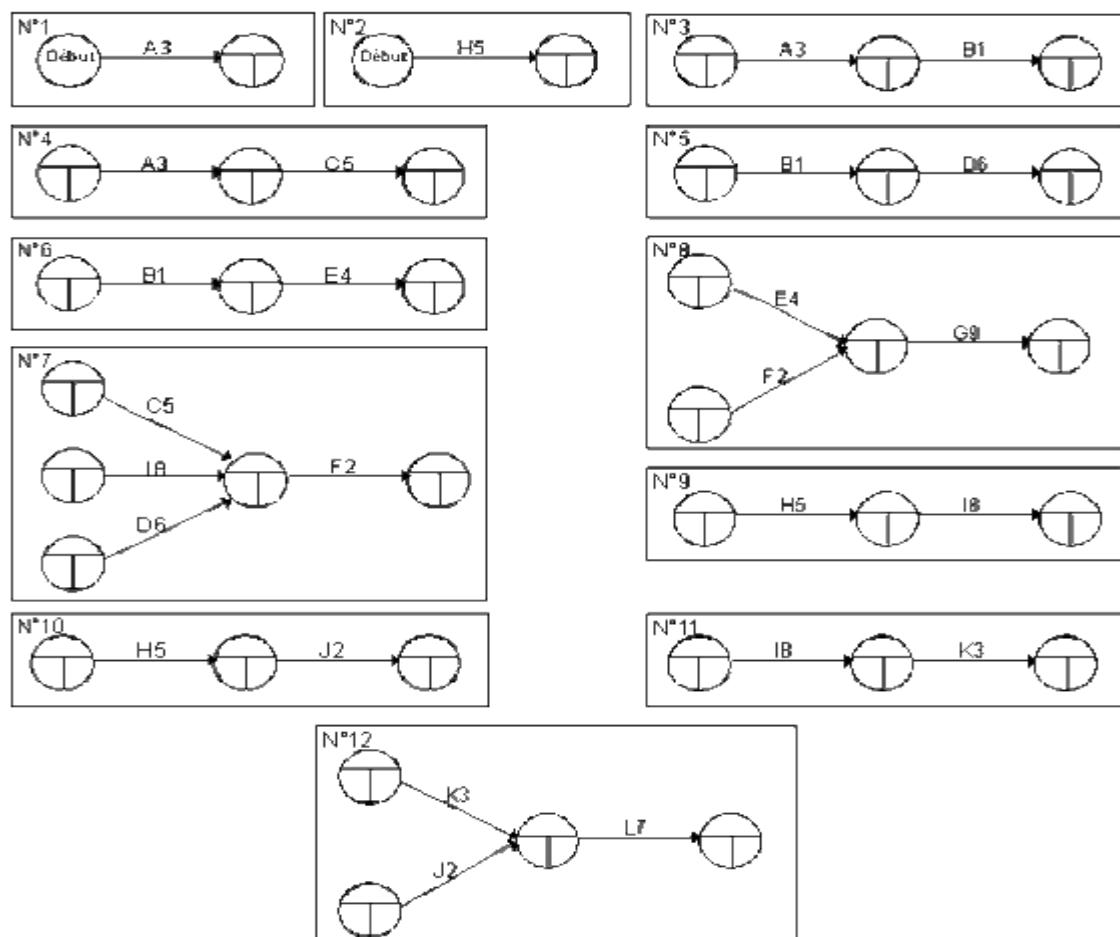
Soit à effectuer les tâches suivantes:

Tâches	Antécédents	Durée	Tâches	Antécédents	Durée
A	/	3	G	E-F	9
B	A	1	H	/	5
C	A	5	I	H	8
D	B	6	J	H	2
E	B	4	K	I	3
F	C-I-D	2	L	K-J	7

- Construire le réseau PERT
- Trouver le chemin critique

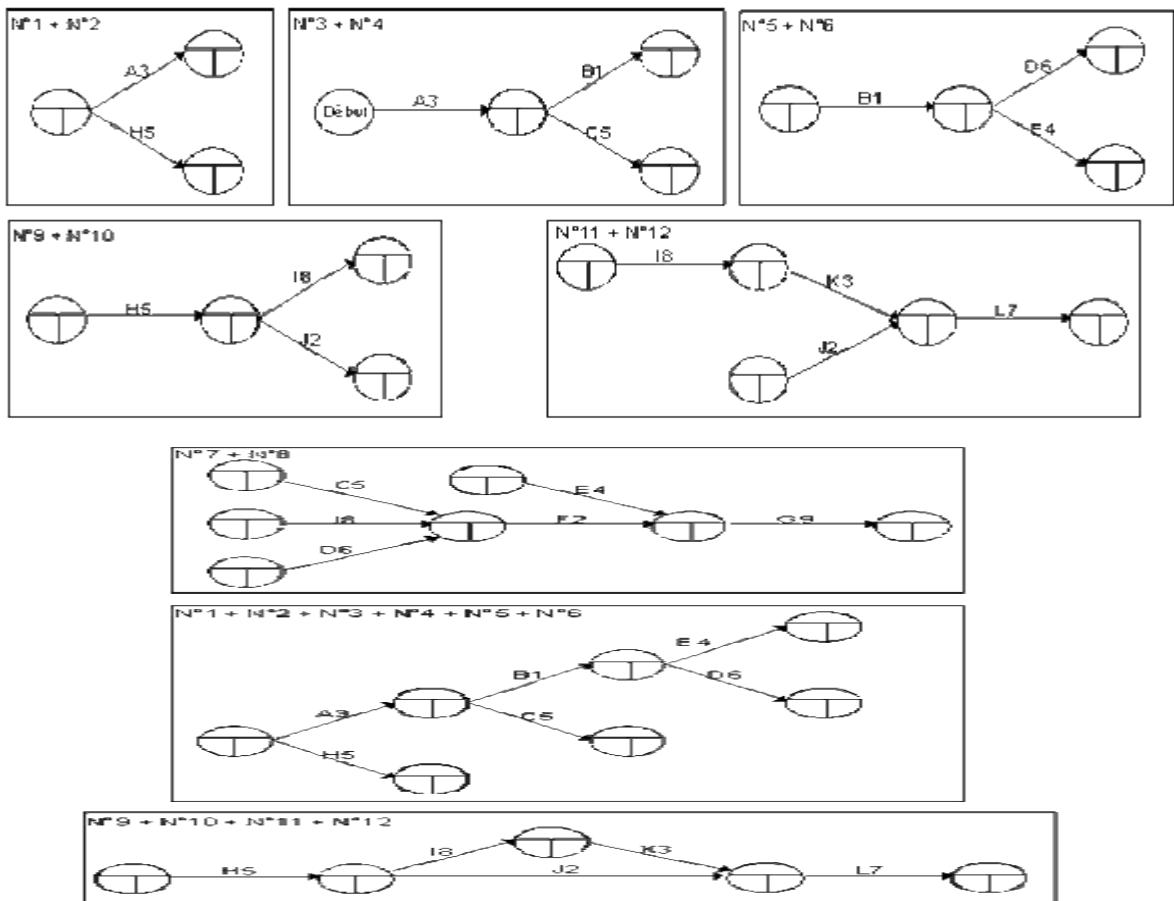
Solution

1. Chaque condition d'antériorité est traduite graphiquement.

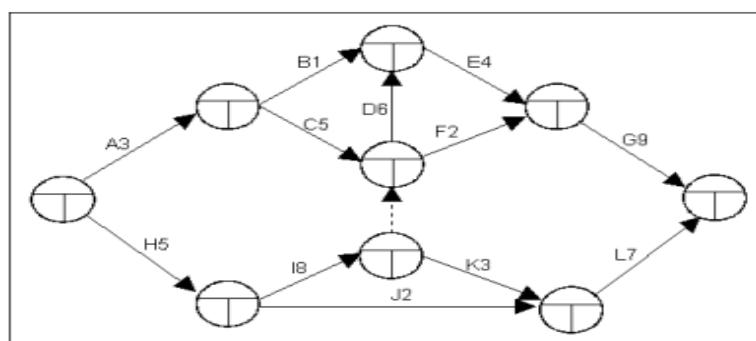


2. Regroupement partiel des tâches

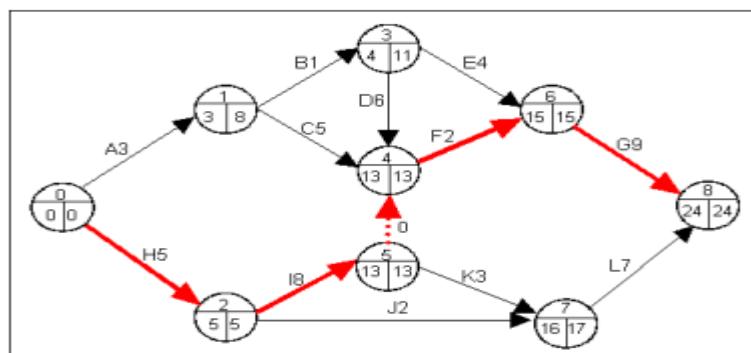
Analyse fonctionnelle



3. Construction de graphe final :



4. définition des temps au plus tôt et au plus tard de chaque étape :



Exercice 2 :

<i>T. antérieures</i>	<i>Taches</i>	<i>Durée (jours)</i>
-	A	5
A	B	3
B	C	2
C, G	D	1
D, H, K, M	E	4
A	F	9
F	G	10
F	H	7
F	I	5
I, L	J	12
A	K	11
A	L	4
B	M	6

- trouver le chemin critique des travaux, en utilisant la méthode PERT,
- calculer les marges.

Solution

Le chemin critique :

$A \longrightarrow F \longrightarrow G \longrightarrow D \longrightarrow E$

ANALYSE DES CAUSES DE DEFAILLANCE

2.1 Diagramme de causes et effets

Trouver les facteurs reliés à la consommation carburant d'un véhicule et tracer le diagramme cause à effet « Ishikawa »

1. Énoncer le problème, effet (variable de réponse) :

Cause : dysfonctionnement de véhicule

Effet : excès de consommation carburant d'un véhicule

2. Faire la liste des causes associées à cet effet dans une session de brainstorming :

Effet : consommation essence véhicule

1. jauge à pression
2. maintenance
3. pression pneus
4. type conducteur
5. type essence
6. types de routes
7. jauge à essence
8. rotation pneus
9. poids formation conducteur
10. additif essence
11. ville/campagne
12. réchauffement moteur
13. climatisation nombre
14. passagers
15. conditions climats
16. transmission
17. densité trafic
18. cylindrée moteur
19. indicateur vitesse
20. mise au point
21. type pneu
22. style conduite
23. type huile

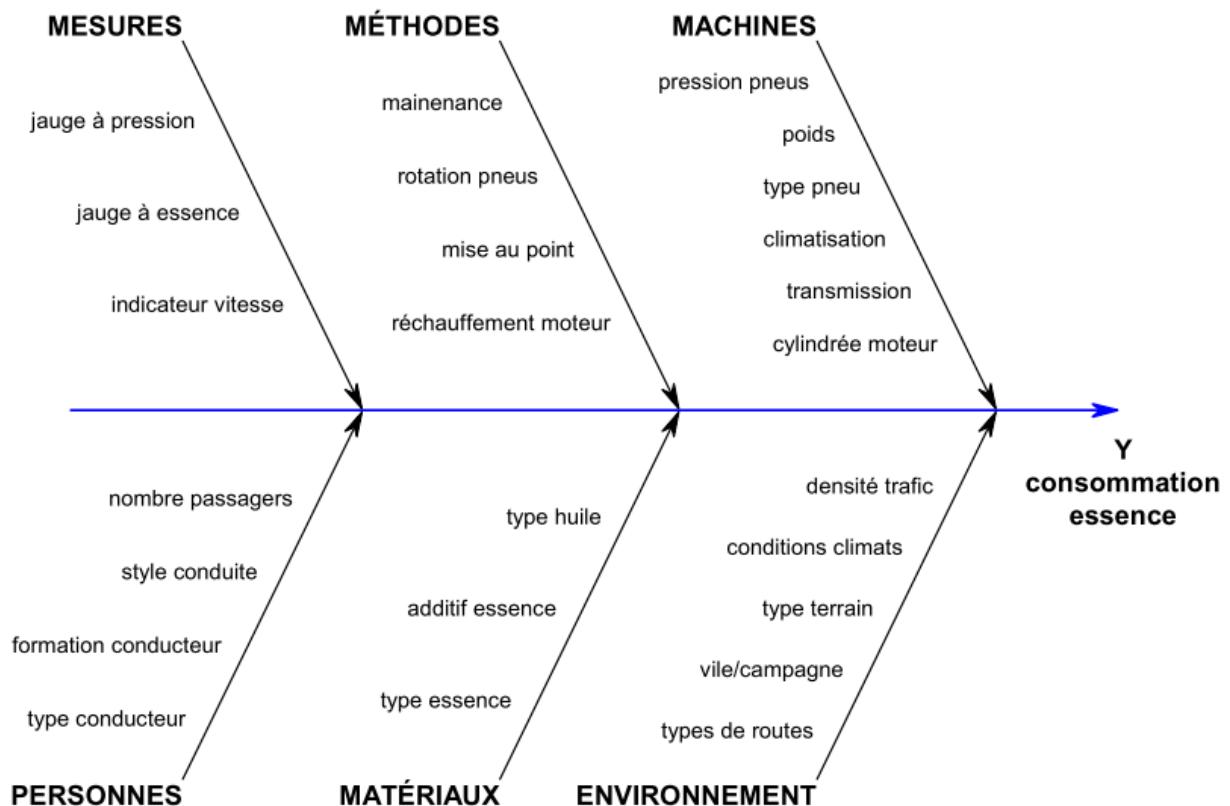
Analyse des causes de défaillance

24. type terrain

3. Penser aux grandes catégories : matériaux, machines, méthodes, procédures, main-d'œuvre, environnement, système de mesures.

consommation essence véhicule						
	MESURES	MÉTHODES	MACHINES	PERSONNES	MATÉRIAUX	ENVIRONNEMENT
1	jauge à pression	mainenance	pression pneus	type conducteur	type essence	types de routes
2	jauge à essence	rotation pneus	poids	formation conducteur	additif essence	vile/campagne
3	indicateur vitesse	mise au point	type pneu	style conduite	type huile	type terrain
4		réchauffement moteur	climatisation	nombre passagers		conditions climats
5			transmission			densité trafic
6			cylindrée moteur			

4. Tracer le diagramme



Analyse des causes de défaillance

2.2. Diagramme de Pareto

Une entreprise de mécanique automobile souhaite développer sa politique de maintenance.

Pour cela ils ont à leur disposition l'historique des heures de maintenance suivant :

centre de charge	Désignation des centres de charge	Heures de maintenance
10	Ligne de montage n°1	2338
20	Robot de peinture	4283
30	Perceuses	415
40	Electricité	82
50	Transfert linéaire n°2	5683
60	Contrôle de fabrication	183
70	Fours à traitements thermiques	555
80	Fraiseuses à reproduire	362
90	Tours à reproduire	294
100	Presses	2609
110	Robot soudure	1832
120	Ligne de montage n°2	2416
130	Matériels de transport internes	2113
140	Transfert circulaire n°2	1114
150	Extrudeuses	808
160	Transfert linéaire n°1	1545
170	Matériels de contrôle	154
180	Equipement contre l'incendie	107
190	Alimentation air comprimé	889
200	Transfert circulaire n°1	1215
210	Fraiseuses	1623
220	Alimentation en eau	13
230	Alimentation en vapeur	438
240	Tours	1585
250	Entretien des bâtiments	722

- Tracer la courbe ABC du % cumulé en fonction des centres de charges
- Tirer les actions à faire pour améliorer la politique de maintenance

Analyse des causes de défaillance

C.de C	H de Main	C. décrois	Ordre H. M	cumule	%	Zone
10	2338	50	5683	5683	17,03	A
20	4283	20	4283	9966	29,86	
30	415	100	2609	12575	37,67	
40	82	120	2416	14991	44,91	
50	5683	10	2338	17329	51,92	
60	183	130	2113	19442	58,25	
70	555	110	1832	21274	63,74	
80	362	210	1623	22897	68,60	
90	294	240	1585	24482	73,35	
100	2609	160	1545	26027	77,98	
110	1832	200	1215	27242	81,62	B
120	2416	140	1114	28356	84,96	
130	2113	190	889	29245	87,62	
140	1114	150	808	30053	90,04	
150	808	250	722	30775	92,20	
160	1545	70	555	31330	93,86	C
170	154	230	438	31768	95,17	
180	107	30	415	32183	96,41	
190	889	80	362	32545	97,49	
200	1215	90	294	32839	98,37	
210	1623	60	183	33022	98,92	
220	13	170	154	33176	99,38	
230	438	180	107	33283	99,70	
240	1585	40	82	33365	99,95	
250	722	220	13	33378	100	
Total			33 378 Heures			

Conclusion :

Zone A : 17 % des appareils représentent 77,98 % (~78%) des heures de maintenance. C'est dans cette zone qu'il faut agir en priorité. Pour les 6 appareils, il serait bon d'intensifier la maintenance préventive, et voir éventuellement pour une maintenance améliorative.

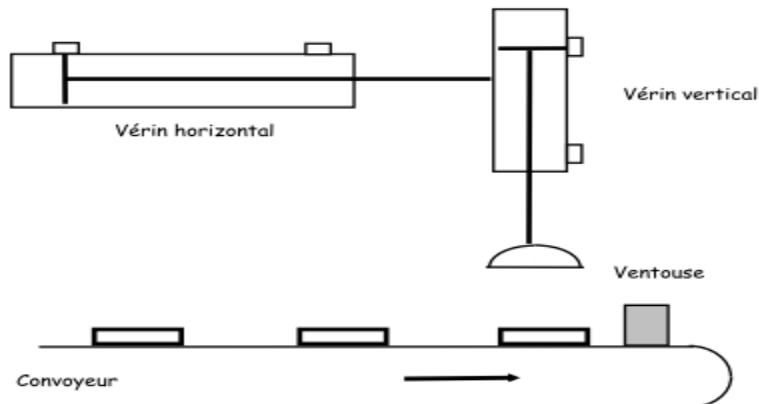
Zone B : 82 % des appareils représentent 94 % des heures de maintenance, il faut continuer voire accentuer la maintenance préventive.

Zone C : 85 % représentent 100% des heures de maintenance. On peut considérer que ces appareils sont fiables et que la maintenance adoptée pour ces systèmes est correcte.

COPTIMISATION ET SECURISATION D'UN PROCES

III.1 Méthode AMDEC

Exercice 1. On considère une fonction de transfert de pièces réalisée par un manipulateur pneumatique.



- On demande d'établir l'analyse des modes de défaillances leurs effets et leur criticité de cet manipulateur

Solution exercice 1:

- *Analyse structurelle*

La référence à un dossier technique (électrique, pneumatique, mécanique) est nécessaire.

Manipulateur	Unité verticale (la commande de ce vérin est monostable)	Distributeur électropneumatique de montée Tubes Vérin Limitateurs de débit Capteur vérin haut Capteur vérin bas
	Unité horizontale (la commande de ce vérin est bistable)	Distributeur électropneumatique de sortie Distributeur électropneumatique de rentrée Tubes Vérin Limitateurs de débit Capteur vérin rentré Capteur vérin sorti
	Aspiration (l'aspiration n'est pas contrôlée)	Distributeur électropneumatique d'aspiration Tubes Venturi Ventouse

COptimisation et sécurisation d'un procès

Définition des critères

Les critères ci-après répondent à une AMDEC de type machine orientée maintenance

La gravité

Note 1 : arrêt production inférieur à 1 heure

Note 2 : arrêt production inférieur à 4 heures

Note 3 : arrêt production inférieur à 1 jour

Note 4 : arrêt production supérieur à 1 jour

La fréquence

Note 1 : moins d'une fois par an

Note 2 : moins d'une fois par mois

Note 3 : moins d'une fois par semaine

Note 4 : plus d'une fois par semaine

La non-détection

Note 1 : détection efficace permettant une action préventive

Note 2 : système présentant des risques de non-détection dans certains cas

Note 3 : système de détection peu fiable

Note 4 : aucune détection

La criticité $C = G * F * N$

Le seuil de criticité est fixé à **8**

Fonction	Matériel ou sous-ensemble	Mode de défaillance	Cause	Effet	G	F	D	C	Détection	Action
Transférer les pièces	Distributeurs électropneumatiques	Le distributeur ne bascule pas quand il est commandé	Bobine grillée	Cycle bloqué	1	2	3	6	Alarme automate	
			Mauvaise connexion		1	1	3	6	Alarme automate	
			Tiroir bloqué		1	1	3	3	Alarme automate	
	Tubes	L'air passe mal	Rupture ou pliure	Cycle ralenti	1	1	4	4	Visuel	
	Vérins (vertical et horizontal)	Le vérin ne bouge pas ou très lentement	Vérin grippé		2	2	4	16	Visuel	Contrôle périodique
			Vérin usé (perte d'étanchéité)		2	2	4	16	Visuel	Contrôle périodique
	Limitateurs de débit	L'air passe mal	Limitateur bouché ou mal réglé	Cycle ralenti	1	1	4	4	Visuel	
		Le débit n'est pas réduit	Mal réglé		1	1	4	4	Visuel	
	Capteurs	Non détection de la position	Mauvais réglage	Cycle bloqué Marche dégradée	1	3	2	6	Alarme automate	
			Capteur grillé		1	3	2	6	Alarme automate	
			Mauvaise connexion		1	1	2	2	Alarme automate	
		Détection permanente	Capteur en court-circuit	Cycle désordonné	3	2	4	24	Visuel	Contrôle par automate
Ventouse	Pas d'aspiration	Vent. bouchée	Pas de transfert	1	3	4	12	Visuel	Contrôle périodique	
		Vent. usée	Pas de transfert	1	1	4	4	Visuel		
Venturi	Pas d'aspiration	Encrassement	Pas de transfert	1	2	4	8	Visuel		

Exercice 2. Exercice de révision

Analyse fonctionnelle du besoin : « Réaliser la coupe de gazon » « sous entendu : Tondeuse à gazon ». L'étude est effectuée pour la phase du cycle de vie suivant :

Phase d'utilisation / sous phase : exploitation « l'utilisateur est en train de couper l'herbe »

Ne sont traitées ici que les étapes 1, 2 et 4 de la démarche d'analyse fonctionnelle.

2 – Réalisation du bloc diagramme fonctionnel de la solution proposée

3 - Etude des causes du problème : « Herbe mal coupée » (Ishikawa)

4 - Etude AMDEC de la fonction : 'Couper l'herbe'

5 - Proposition d'actions par rapport au problème critique « défini dans l'AMDEC »

Solution exercice 2:

1. Etape 1 (ou phase 1) de l'analyse fonctionnelle : Profil de vie du système

Phases du cycle de vie :

- Conception
- Fabrication
- Distribution
- Commercialisation
- Utilisation
- Recyclage

Détail de la phase d'utilisation :

- Mise en marche
- Fonctionnement et exploitation
- Entretien
- Rangement

La définition des éléments extérieurs est relative ici à la phase d'utilisation / exploitation (pour le cas ici traité)

Eléments extérieurs (phase d'exploitation seule)

Immatériels : réglementation liée à l'utilisation d'un système coupant,

Matériels : herbe, déchets herbe, obstacles divers, ambiance extérieure, environnement direct (air, eau)

Personne : œil, utilisateur

Etape 2 (ou phase 2) de l'analyse fonctionnelle : Recenser les fonctions

Méthode Pieuvre : Pour traité cette phase, il faut se poser la question suivante : 'est-ce qu'un élément du milieu extérieur utilise l'objet étudié « la tondeuse » pour agir sur un autre élément de ce même milieu. Pour cela il faut étudier les éléments deux à deux, exemple l'environnement et les normes, l'utilisateur et l'herbe, etc...

Ici il existe une fonction principale « couper l'herbe » (utilisateur / Tondeuse/ herbe), une fonction secondaire : « Permettre l'évacuation des déchets » (Utilisateur / tondeuse / déchets) puis des fonctions de contraintes (constraine la conception du système étudié) :

FC1 : résister à l'ambiance extérieure

FC2 : respecter la réglementation

FC3 : fonctionner malgré les divers obstacles

FC4 : respecter l'environnement

FC5 : plaire à l'œil

FC6 : s'adapter à l'utilisateur (taille, forme, ...)

Etape 4 (ou phase 4) de l'analyse fonctionnelle : Caractériser et quantifier les fonctions

FP : Couper l'herbe

- Différents niveaux de taille
- Doit permettre de réaliser une surface d'au moins 50000 m²
- Le système de coupe doit pouvoir être changeable
- utilisation par l'homme (main, force)
- Poids du système complet ne doit pas dépasser 40 Kg
- Hauteur de l'herbe doit être inférieure ou égale à 50 cm,....
- Le terrain ne doit pas comporter de cailloux

FS : Permettre l'évacuation des déchets

- Capacité du bac = environ 70 litres
- Doit se retirer facilement du corps de la tondeuse

FC1 : Résister à l'ambiance extérieure

- résister à l'eau
- résister à la corrosion / herbe, rouille
- garder une couleur constante
- ne doit pas se déformer au soleil
- environnement air : 10° - 35°C, 50 - 60 % humidité

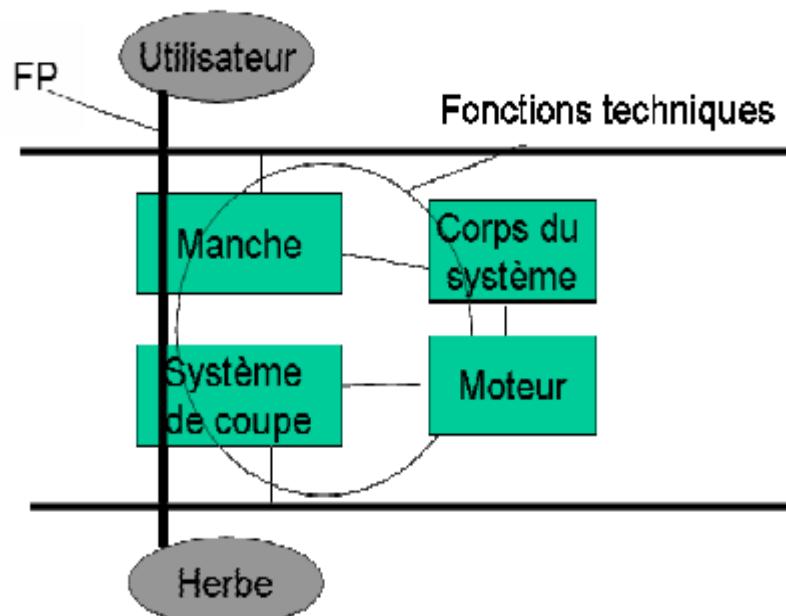
FC4 : respecter l'environnement

- ne doit pas être polluant / sol

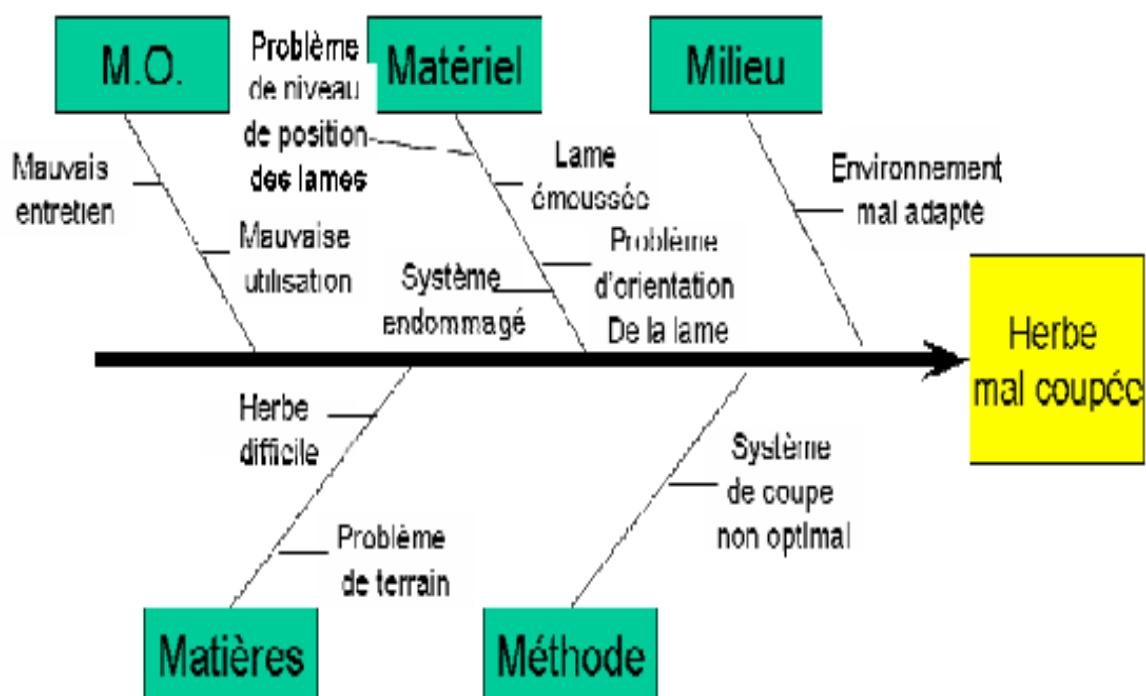
COptimisation et sécurisation d'un procès

- niveau sonore inférieure 100 décibels

2. Bloc diagramme fonctionnelle



3. Etude des causes du problème : « Herbe mal coupée » (Ishikawa)



4. Etude AMDEC de la fonction « Couper l'herbe »

Fonction	Modes de défaillance	Effets	Causes	F	D	G	C= (F*G)
Couper l'herbe	1 : Problème structurel	Se couper	Système trop fragile	2	2	5	10
	2 : Blocage Physique	Ne fonctionne plus, ne coupe plus	Bourrage d'herbe	7, 8	7, 8	5	35 - 40
	4 : Ne reste pas en position	Ne fonctionne plus, ne coupe plus	Problème d'orientation des lames	3	3	2, 3	6 - 9
	15 : Fonctionnement irrégulier	Mal coupée	Système endommagé, Lames émoussées, Mauvais maintien,...	3	3	5	15

La défaillance la plus critique est ici le blocage physique

Exemple de proposition d'actions dans le but de réduire voir supprimer ce problème :

- revoir les dimensions d'écartement entre le système de coupe et le support pivotant
- revoir l'orientation de la coupe / orientation du support pivotant

III.2 Diagramme de Gantt

Exercice 1 :

En partant du tableau ci-dessous, En partant du tableau ci-dessous

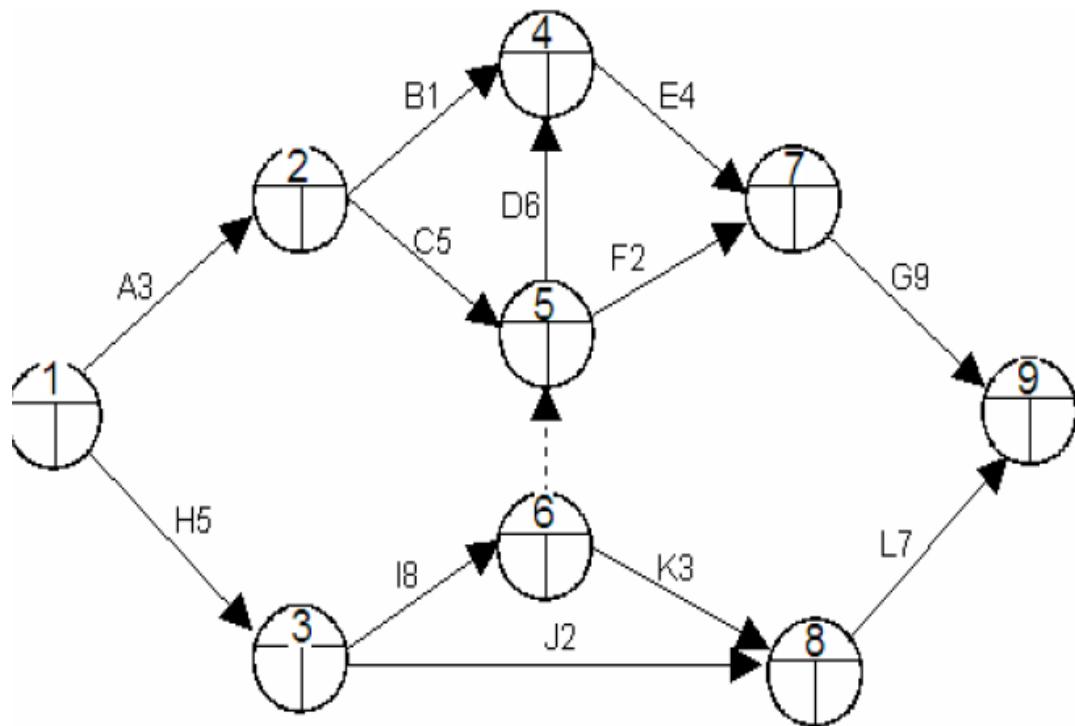
1. tracer le r tracer le réseau de PERT

Taches	antécédents	Durée
A	/	3
B	A	1
C	A	5
D	C, I	6
E	B, E	4
F	C, I	2
G	E, F	9
H	/	5
I	H	8
J	H	2
K	I	3
L	K, L	7

2. A partir du r A partir du réseau de PERT obtenu, tracer le diagramme de GANTT

Solution exercice 1 :

1. Nous obtenons le r Nous obtenons le réseau suivant



2. Nous obtenons le r Nous obtenons le diagramme de Gantt suivant :

	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
A																																
B																																
C																																
D																																
E																																
F																																
G																																
H																																
I																																
J																																
K																																
L																																

Exercice 2 :

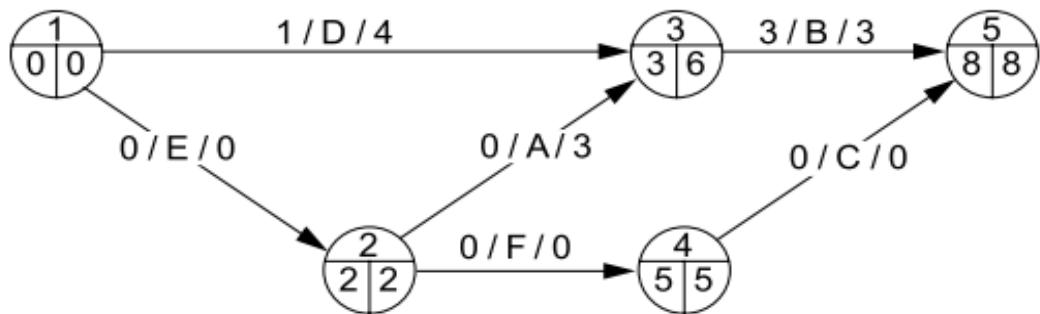
Vous êtes responsable d'une affaire qui doit se terminer au plus tard le 30 novembre et dont les données vous sont communiquées ci-après, sous forme de tableau d'inventaire des tâches et d'un diagramme PERT avec les calculs de dates au plus tôt et au plus tard :

COptimisation et sécurisation d'un procès

La capacité « réaliste » d'un mois normal est en moyenne de 150 h. Il n'y a pas de vacances.

- Établir le graphe de cette affaire
- Déterminer le chemin critique et les marges libres et totales de chaque tache
- Dans une politique de planification des tâches qui maximise la sécurité sur les délais : Établissez le diagramme de GANTT

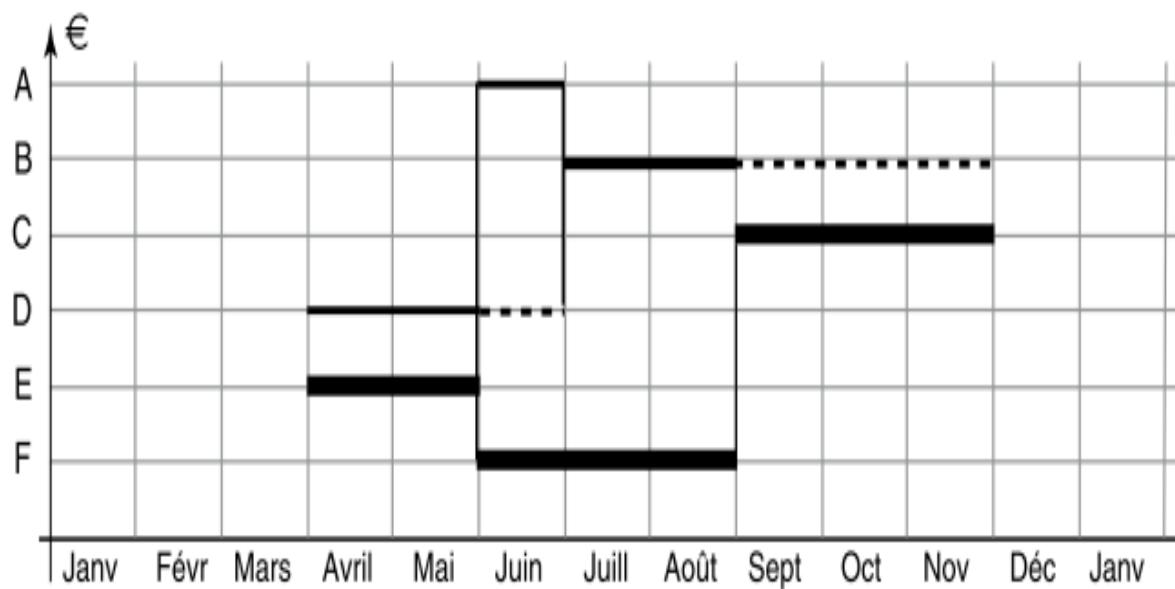
Solution exercice 2 :



	A	B	C	D	E	F
Durée	1	2	3	2	2	3
Début + Tôt	2	3	5	0	0	2
Début + Tard	5	6	5	4	0	2
Fin + Tôt	3	5	8	2	2	5
Fin + Tard	6	8	8	6	2	5
Marge totale	3	3	0	4	0	0
Marge libre	0	3	0	1	0	0
Chemin Critique			x		x	x

Solution exercice 2 :

Optimisation et sécurisation d'un procès



III.3 Méthode Kanban

Exercice 1 :

Dans un atelier, le processus de fabrication d'un organisateur électronique (de type P-100) est composé de plusieurs tâches successives. Afin d'éviter la constitution de stocks excessifs et pour mieux répondre à la demande des clients pour ce produit à forte obsolescence commerciale, le directeur de la production a organisé l'atelier sur le principe de la méthode du kanban informatisé. On s'intéressera plus particulièrement aux deux derniers postes de travail. La demande quotidienne d'organiseurs de type P-100 suit une loi normale de moyenne 240 et d'écart-type 30. Les bacs en matière plastique, utilisés entre l'avant dernier poste et le dernier poste, ont une contenance de 30 appareils. L'atelier fonctionne 8 heures par jour.

De plus, grâce à de très sérieuses observations et mesures, vous savez qu'en moyenne :

- le temps de transport d'un bac plein jusqu'au dernier poste est de 8 mn ;
- le temps d'attente du Kanban sur le planning informatisé du poste amont est de 12 mn ;
- l'opération réalisée par l'avant dernier poste de travail sur le produit a une durée de 5 mn ;
- le temps d'enlèvement des bacs dans le poste amont est de 10 mn ;

Grâce à l'utilisation de l'informatique et des systèmes de lecture optique, on sait que :

- dans le poste aval, dès qu'un bac est entamé, le Kanban associé à ce bac est scanné ;
- dès qu'un Kanban est scanné par le poste aval, le poste amont reçoit l'information immédiatement (ainsi, le temps de transit du kanban entre les deux postes peut être considéré comme nul).

1. Déterminer le nombre optimal de kanbans
2. La mise en place d'un tapis roulant entre les deux postes provoque une très forte réduction des temps de transport et d'enlèvement des bacs. Cette modernisation conduit-elle à une modification du nombre N^* ?
3. Si le poste amont était obligé de produire par lots de 100 unités au minimum, cela aurait-il une influence sur le nombre de kanbans ?

Solution :

1. le nombre optimal de kanbans

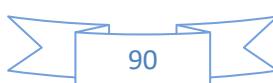
$$K = \frac{D \times T}{N}$$

On a :

D : demande quotidienne qui s'adresse au poste aval pendant la journée

« La demande D suit une loi Normale N (240 ; 30), pour une durée journalière de 8h »

T : temps de cycle ($T = 8 + 12 + 5 + 10 + 0 = 35$)



COptimisation et sécurisation d'un procès

N : nombre de pièces contenues dans chaque bac (N = 30)

2. La mise en place d'un tapis roulant entre les deux postes provoque une très forte réduction des temps de transport et d'enlèvement des bacs, oui cette modernisation conduit-elle à une modification du nombre car T change et diminue dans :

$$K = \frac{D \times T}{N}$$

Pour autant, on ne peut rien calculer car on ne connaît pas le nouveau T

3. Oui il y aura un influence sur le nombre de Kanbans ; si le poste amont était obligé de produire par lots de 100 unités au minimum car la formule change en :

$$K = \frac{D \times [T + (q - 1)d]}{N}$$

Avec en plus :

- Le lot économique de kanbans q, $q = Q/N = 100 / 30$
- Le poste aval doit renvoyer $(q-1)$ kanbans de plus que celui qui figure déjà sur le planning, avant que l'atelier amont ne commence la fabrication
- D'où délai supplémentaire qui s'ajoute au temps de cycle : $(q-1) \times d$.

Avec d: durée de consommation d'un container par le poste aval.

Exercice 2 :

Après réalisation de la gamme de fabrication concernant l'usinage de carters de moteurs électriques, il s'avère nécessaire de réaliser deux phases (10 et 20) sur MOCN (machine outil à commande numérique).

La fabrication comporte plusieurs références de carters (CMA, CMB, CMC, CMD). Il est envisagé de mettre en place un système de type Kanban entre les deux phases, la taille des containers sera égale au dixième de la production journalière.

Les machines étant dans le même atelier les temps de transfert des étiquettes sont négligeables.

L'objectif est de définir le nombre de MOCN permettant de supporter la charge de fabrication, puis de déterminer la valeur minimum de la taille de lot de lancement sur le(s) postes de la première phase (l'index vert) on prendra comme première approximation que la taille du lot minimum ne sera pas en dessous de la valeur du temps de 10 réglages.

COptimisation et sécurisation d'un procès

Données :

	Production Journalière « Nbr. Pièces »	PHASE 10		PHASE 20	
		Tu(min)	Ts(min)	Tu(min)	Ts(min)
CMA	500	1	15	0,4	6
CMB	700	1,2	10	0,8	8
CMC	600	0,8	12	0,6	11
CMD	800	0,7	8	0,5	7

Les horaires de l'atelier sont de 2 fois 8 heures par jour, mais compte tenu des pannes des arrêts divers, le temps réellement disponible est de 14h.

Questions

1. Déterminer pour chaque poste la charge journalière maximum, en considérant qu'il peut y avoir deux changements de série pour chaque référence.
2. Déterminer les valeurs minimum des taille de lot de lancement sur le poste aval.

Solution :

1. Déterminer pour chaque poste la charge journalière maximum, en considérant qu'il peut y avoir deux changements de série pour chaque référence.

	Production journalière (nombre de pièces)	PHASE 10		PHASE 20		PHASE 10	PHASE 20
		N	Tu (min)	Ts (min)	Tu (min)	Ts (min)	N*Tu+2*Ts
CMA	500	1,0	15	0,4	6	530	212
CMB	700	1,2	10	0,8	8	860	576
CMC	600	0,8	12	0,6	11	504	382
CMD	800	0,7	8	0,5	7	576	414
					Charge totale	2470	1584
Temps total	840				Nbre MOCN	3	2

2. Déterminer les valeurs minimum des taille de lot de lancement sur le poste amont.

	Container	Tu (min)	Ts(min)	Temps de fab. lot	Nbre de pièces	Nombres de containers	Index vert
CMA	50	1,0	15	150	150,00	3	3
CMB	70	1,2	10	100	83,33	2	2
CMC	60	0,8	12	120	150,00	3	3
CMD	80	0,7	8	80	114,29	2	2

CHAPITRE IV : GESTION DES PREMIERES ETAPES D'UNE ANALYSE

Quelles sont les barrières à l'implantation de la gestion de la qualité ?

Idées soumises lors d'une session de brainstorming :

- manque de vision des dirigeants
- résistances aux changements
- trop occupé par les urgences
- messages des dirigeants ne sont pas clairs
- budget de formation est insuffisant
- gestionnaires pensent qu'ils n'ont pas besoin d'aide
- dirigeants ne communiquent pas la direction
- système de reconnaissance pas aligné sur les résultats
- absence d'un système de suggestion
- absence système de mesure pour mesurer les résultats
- gestion participative n'est pas supportée par les dirigeants
- travail d'équipe n'est pas supporté
- système de communication électronique désuet
- manque de personnel
- ce n'est pas le bon moment
- tout est prioritaire
- pas de connaissance des méthodes de base en amélioration continue
- dirigeants ne communiquent pas efficacement
- coupures de budget
- peur de l'échec
- pas de temps pour du travail additionnel
- communication vers la base est déficiente
- manque de communication entre les superviseurs et leur personnel

Diagramme d'affinités

Les idées furent regroupées selon 6 catégories d'affinités.

TEMPS

- trop occupé par les urgences
- pas de temps pour du travail additionnel

Chapitre IV : Gestion des premières étapes d'une analyse

- ce n'est pas le bon moment
- tout est prioritaire

LEADERSHIP

- manque de vision des dirigeants
- messages des dirigeants ne sont pas clairs
- dirigeants ne communiquent pas la direction
- gestion participative n'est pas supportée par les dirigeants
- dirigeants ne communiquent pas efficacement
- travail d'équipe n'est pas supporté

COMMUNICATION

- communication vers la base est déficiente
- système de communication électronique désuet
- manque de communication entre superviseurs et le personnel

RESSOURCES

- budget de formation est insuffisant
- manque de personnel
- coupures de budget
- absence système de mesure pour mesurer les résultats

MOBILISATION

- système de reconnaissance n'est pas aligné sur les résultats
- résistances aux changements
- peur de l'échec
- absence d'un système de suggestion

FORMATION

- pas de connaissance des méthodes de base en amélioration continue
- budget de formation est insuffisant
- gestionnaires pensent qu'ils n'ont pas besoin d'aide

Q1. Deux chefs de projets se sont rendu compte qu'ils sont dans une organisation matricielle faible et que leur pouvoir en tant que chef de projet est assez limité. Un des deux pense qu'il est vraiment un ordonnancier de projet (Project expediter), et l'autre dit qu'il est un coordinateur de projet (Project coordinator). Quelle est la différence entre un ordonnancier de projet et un coordinateur de projet ?

- a) L'ordonnancier de projet ne peut pas prendre de décisions
- b) L'ordonnancier de projet peut prendre plus de décisions
- c) L'ordonnancier de projet rend compte à son supérieur hiérarchique
- d) L'ordonnancier de projet jouit d'une certaine autorité

Q2. Un chef de projet est entrain de compléter un projet de développement de logiciels, mais n'a pas dédié suffisamment d'attention au projet. Les ressources sont axées sur l'achèvement des processus opérationnel, et le chef de projet a peu d'autorité pour affecter des ressources au projet. Dans quelle forme d'organisation se situe le chef de projet ?

- a) Fonctionnelle
- b) Matricielle
- c) Ordonnancier
- d) Coordinateur

Q.3 Un chef de projet a une expérience courte en management de projet, mais il a été affecté en tant que chef de projet d'un nouveau projet. Parce qu'il va travailler dans une organisation matricielle pour terminer son projet, il peut s'attendre à ce que les communications vont être:

- a) Simple
- b) Ouverte et précise
- c) Complexe
- d) Difficile à automatiser

Q.4 Dans quel groupe de processus est détaillée la création du budget du projet ?

- a) Initiation
- b) Avant le processus de management de projet
- c) Planification
- d) Exécution

Q.5 La charte de projet est créée durant quel groupe de processus ?

- a) Exécution
- b) Planification
- c) Clôture
- d) Initiation

Q.6 L'équipe projet vient de compléter l'échéancier et budget initiaux du projet, quelle est la prochaine étape à faire ?

- a) Identifier les risques
- b) Commencer les itérations
- c) Créer diagramme de Gantt

Q.7 Un échéancier détaillé peut être créé uniquement après la création de :

- a) Budget du projet
- b) Structure de découpage de projet
- c) Appréciation de risque détaillée

Q.8 Durant une réunion avec quelques parties prenantes du projet, le chef de projet est invité à ajouter du travail au contenu du projet. Le chef de projet a eu accès à la correspondance sur le projet avant la signature de la charte de projet et se souvient que le sponsor du projet a spécifiquement refusé de financer le contenu que veulent ajouter ces parties prenantes. La MEILLEURE chose pour le chef de projet à faire est de:

- a) Informer le sponsor de la demande des parties prenantes
- b) Evaluer l'impact d'ajout de contenu
- c) Ajouter du travail s'il reste du temps disponible dans l'échéancier

Q.9 Durant une réunion avec l'équipe projet, un membre de l'équipe a suggéré une amélioration dans le contenu qui est hors contenu de la charte de projet. Le chef de projet a insisté à ce que l'équipe a besoin de se concentrer sur l'achèvement de tout le travail mais uniquement le travail exigé. Ceci, est un exemple de :

- a) Process de gestion de changement
- b) Gestion de contenu
- c) Analyse de la qualité

Q.10 Compléter la matrice suivante :

Chapitre IV : Gestion des premières étapes d'une analyse

	Groupe initiation	Groupe planification	Groupe exécution	Groupe surveillance	Groupe clôture
Intégration de projet					
Contenu du projet					
Délai du projet					
Coût du projet					
Qualité du projet					
Ressources humaines du projet					
Communication du projet					
Risques du projet					
Approvisionnement du projet					
Parties prenantes					

References bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- PRATIQUE DE L'ANALYSE FONCTIONNELLE DE ROBERT TASSINARI, SERIE PERFORMANCE INDUSTRIELLE, EDITION DUNOD.
- JEAN-CLAUDE FRANCSTEL, LA FONCTION MAINTENANCE : DE L'EXPRESSION A LA SATISFACTION DU BESOIN, EDITEUR AFNOR, 2007.
- LA METHODE APTE® D'ANALYSE DE LA VALEUR ET ANALYSE FONCTIONNELLE DE BERTRAND DE LA BRETESCHE -PARUTION 2000 - ÉDITIONS PETRELLE.
- EXPRIMER LE BESOIN - APPLICATIONS DE LA DEMARCHE FONCTIONNELLE -A.F.A.V/ A.F.N.O.R. / 1989 COLLECTION « AFNOR GESTION »
- AIDE A L'ELABORATION DU CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL DE J.B.BOUSSIERES - 2001 EDITION AFNOR.
- NORME FRANÇAISE NF X 50-151 DE DECEMBRE 1991: "ANALYSE DE LA VALEUR, ANALYSE FONCTIONNELLE, EXPRESSION FONCTIONNELLE DU BESOIN ET CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL".
- BOYALE, RICHARD (1997), EVALUATING PUBLIC EXPENDITURE PROGRAMMES. A L'OLE FOR PROGRAMME REVIEW, DISCUSSION PAPER NUMBER 1, COMMITTEE FOR PUBLIC MANAGEMENT RESEARCH, INSTITUTE OF PUBLIC ADMINISTRATION, DUBLIN.
- BOYNTON, A.C., VICTOR, B., ET PINE II, B.I., (1993), NEW COMPETITIVE STRATEGIC: CHALLENGES TO ORGANIZATIONS AND INFORMATION TECHNOLOGY, IBM SYSTEMS JOURNAL, VOL.32, N° L, PPAO-64.
- BROADBENT, M., ET WEILL, P., (1993), IMPROVING BUSINESS AND INFORMATION STRATEGY ALIGNMENT: LEARNING FROM THE BANKING INDUSTRY. IBM SYSTEMS JOURNAL, VOL. 32, N° L, PP. 162-178.
- LES OUTILS DU MANAGEMENT DE LA QUALITE PR SHOJI SHIBA, MFQ, BIBLIOTHEQUE QUALITE, 5EME EDITION, AOUT 1995
- MANAGEMENT FOR QUALITY IMPROVEMENT, THE 7 NEW QC TOOLS MIZUNO SHIGERU, 1988, ED MIZUNO SHIGERU, PRODUCTIVITY PRESS, ISBN 0-915299-29-1
- QUALITE EN PRODUCTION : DANIEL DURET & MAURICE PILLET, 1998, ED D'ORGANISATION, ISBN 2-7081-2141-3

SITES INTERNET :

THE W. EDWARDS DEMING INSTITUTE [HTTP://WWW.DEMING.ORG/CFPAGE/INTROPAGE.CFM](http://WWW.DEMING.ORG/CFPAGE/INTROPAGE.CFM)

References bibliographiques

DEMING ELECTRONIC NETWORK WEB SITE [HTTP://DEMING.ENG.CLEMSON.EDU/PUB/DEN/](http://DEMING.ENG.CLEMSON.EDU/PUB/DEN/)

FRENCH DEMING ASSOCIATION [HTTP://DEMING.EDU/](http://DEMING.EDU/)

SEVEN MANAGEMENT (NEW) TOOLS [HTTP://MIJBNO.LARC.NASA.GOV/DFC/SNT.HTML](http://MIJBNO.LARC.NASA.GOV/DFC/SNT.HTML)

KAIZEN INSTITUTE [HTTP://WWW.KAIZEN-INSTITUTE.COM/](http://WWW.KAIZEN-INSTITUTE.COM/)