

II.1. INTRODUCTION

La conception est une étape déterminante dans le cycle de vie d'un produit. Elle constitue, la phase initiale durant laquelle l'ensemble des paramètres du produit va être défini de façon à assurer les fonctionnalités qui lui ont été assignées dans le cahier des charges fonctionnel. Cette phase, se déroule généralement dans les bureaux d'études. Elle est confiée à des ingénieurs experts, dont le rôle est de spécifier complètement le produit avant de le livrer aux ateliers de production. [LAV 79]

Cette activité, s'opère suivant une dialectique entre des buts et des possibilités. Elle est soumise à des conditions nombreuses et variées (lois du domaine, contraintes de fabrication, critères fonctionnels), et revêt également un caractère social, dans la mesure où elle fait intervenir de nombreux acteurs ayant des langages, des règles, des objectifs et des contraintes différents. Dans ces conditions, on peut affirmer que la conception est une activité complexe, non réductible à un modèle unique quelle que soit sa taille, le nombre de ses composants et l'intensité de leur interaction. [DEN 02]

II.2. CYCLE DE VIE

II.2.1 Définition d'un produit

Un produit est la combinaison d'un bien matériel et d'un bien immatériel (service que l'entreprise fournit au marché de consommation ou au marché industriel. Un produit est le fruit de la conjugaison de moyens matériels, structures physiques et logistiques, compétences techniques et un cahier des charges fonctionnel (CdCF). Suivant la nature du besoin exprimé par l'utilisateur le produit peut être :

- un système technique,
- un objet technique,
- un fluide,
- une prestation de service,
- un processus industriel,
- un processus administratif

Tab 2.1 : Types de produit.

TYPES DE PRODUITS	EXMPLES DE PRODUITS		
	SYSTEME TECHNIQUE	Voiture automobile	Lave-vaisselle
OBJET TECHNIQUE	Moteur	Programmeur	Variation de vitesse
FLUIDE	Carburant	Liquide de rinçage	Lubrification
PRESTATION DE SERVICE	Lavage	Remplacement de la pompe de vidange	Livraison et Installation
PROCESSUS INDUSTRIEL	Peinture de la Carrosserie	Fabrication de la cuve	Montage du support D'outil
PROCESSUS ADMINISTRATIF	Délivrance de la carte Grise	Logiciel de gestion Des stocks	Facturation

II.2.2 Cycle de développement d'un produit en termes d'états

Tout produit, est caractérisé par cinq états de référence qui dépendent des niveaux de définition et de réalisation et se succèdent dans le temps et qui sont ; l'état fonctionnel, l'état spécifié, l'état défini, l'état réel et l'état vivant.

II.2.2.1 Etat fonctionnel

Cet état correspond à l'expression des besoins définie par l'utilisateur (investisseur), les fonctions de service attendues du système ou du produit doivent être décrites dans un Cahier des Charges Fonctionnels (CDCF) rédigé par l'utilisateur .En aucun cas, ne doivent figurer dans un CDCF les solutions et moyens de réalisation d'un produit .Lorsque la rédaction du CDCF est achevée, l'état correspondant du système ou du produit devient "état spécifié de référence".

II.2.2.2 Etat spécifique

Cet état est déterminé par les exigences techniques des besoins à satisfaire. Les exigences de l'utilisateur sont précisées et les éléments suivants doivent dorénavant être pris en compte:

- les exigences relatives au fonctionnement (cycle, marche dégradée...)
- les exigences relatives aux performances encore non exprimées
- les exigences relatives aux coûts et délais
- les exigences relatives à la sûreté de fonctionnement
- les exigences relatives aux interfaces
- les exigences relatives aux règles de conception et de production
- les exigences relatives aux qualifications demandées et aux procédures qui en découlent
- l'analyse des contraintes (paramètres) s'exerçant sur le système ou le produit
- l'analyse des risques

L'ensemble de ces données doit être mentionné dans une Spécification Technique de Besoins (STB), document contractuel établi entre l'utilisateur et le concepteur. La STB reprend les besoins exprimés dans le CDCF en termes d'exigences et de contraintes techniques spécifiques du concept retenu. Il existe plusieurs STB: celle réalisée pour un produit, qui ne peut être écrite qu'une fois effectuée la conception préliminaire puisque le produit est alors identifié, et les STB dites de "niveau supérieur" concernant les sous-systèmes et le système. Celles-ci sont d'ailleurs rédigées en premier, car elles traduisent le besoin de l'utilisateur final et servent de base à la conception préliminaire Lorsque la STB est figée, l'état correspondant du système ou du produit devient "état spécifié de référence".

Ce document est essentiel pour débiter la conception d'un produit. Il doit être écrit en collaboration entre le concepteur réalisateur et le demandeur concerné.

II.2.2.3 Etat défini

Cet état est déterminé par une définition, c'est à dire par un ensemble de plans, schémas et autres documents écrits définissant dans le détail le système ou le produit considéré répondant à la STB correspondante. La définition des divers composants rend alors possible la réalisation, l'utilisation et l'exploitation du système ou du produit. Cet état doit être dressé dans trois documents principaux:

1°/ le dossier de Définition (DD): Ce document est essentiel. Issu de la STB, il doit être la réponse du concepteur aux exigences techniques exprimées par l'utilisateur. Les informations mentionnées doivent concerner chaque constituant de chaque produit de l'arborescence.

2°/ dossier de Justification de définition: Il doit justifier la conception vis à vis du besoin, ce document reprend les exigences établies dans la STB et fournit les résultats des qualifications effectuées: simulation, prototypes, essais, homologation de procédés etc.

3°/ les dossiers de Fabrication et de Contrôle (ou Dossier industriel): Ce sont les documents qui doivent servir aux entreprises de production et parmi eux on trouve:

- les nomenclatures et gammes de fabrication
- la liste des outillages spécifiques et leur utilisation
- les documents d'ordonnancement - lancement etc.
- La documentation utilisateur elle doit être constituée de pièces relatives à l'exploitation, la maintenance, la formation etc.

Les états spécifiés et définis représentent incontestablement la partie importante du projet, puisqu'ils concernent la conception et la fabrication du produit ou du système.

II.2.2.4 Etat réel

A cet état, le produit existe, y compris sous forme de série le cas échéant un prototype peut-être fabriqué pour parachever l'état défini ; l'état réel (ou réalisé) doit être conforme à l'état spécifié. Le produit, ou le système, final doit être accompagné de l'ensemble de la documentation de référence, notamment les notices de fonctionnement et de maintenance.

II.2.2.5 Etat vivant

Cet état correspond à chacun des différents exemplaires du système ou du produit en service et exploité par l'utilisateur on prévoit l'utilisation de livrets suiveurs qui doivent accompagner la mise en service du système ou du produit et permettre ainsi à l'utilisateur de le faire fonctionner, de le maintenir en état et éventuellement de l'améliorer.

II.2.3 Cycle de vie d'un produit en termes d'activité

Le concept de technologie suivant une acception plus générale est bien mis en évidence par la définition suivante: " l'étude de l'ensemble des techniques et des relations que celles-ci établissent en vue d'une action définie, dans un milieu humain, économique et géographique déterminés et à une époque donnée. Ainsi :

- saisir et énoncer un besoin à partir d'insatisfactions ressenties par l'homme, constitue un aspect de technologie;
- rechercher des solutions en s'aidant de lois scientifiques et en utilisant des techniques de créativité, c'est un deuxième aspect de technologie;
- calculer, dimensionner, dessiner, étudier les moyens de fabrication, c'est toujours de la technologie;
- organiser la commercialisation constitue enfin de la technologie.

II.2.3.1 Activité 01 : Analyser le besoin

L'objectif est de saisir et d'énoncer le besoin nécessitant la création ou la reconception d'un produit. Son initialisation provient de plusieurs sources telles que la perception d'un nouveau marché, une idée ou des insatisfactions technico-commerciales ressenties par les utilisateurs. Elle correspond à un des rôles de la fonction marketing qui, à ce stade même des études et actions commerciales à pour objet de saisir, énoncer et valider le besoin. On observe, par la suite, l'intérêt d'un travail en groupe pluridisciplinaire et l'apport de l'Analyse de la Valeur.

II.2.3.2 Etudier la faisabilité

C'est l'expression fonctionnelle du besoin, dont l'objectif est d'établir le document contractuel appelé Cahier des Charges Fonctionnel (CDCF). Le besoin étant précédemment énoncé et validé, il s'agit de recenser et d'explicitier les satisfactions attendues par les utilisateurs lors de l'utilisation du produit. Autrement dit, cette activité impose de ne pas considérer ce produit comme un assemblage de composants, mais comme un générateur de services; on dit qu'il assure des fonctions de service. Elle contient les phases suivantes: énoncer les fonctions de service; caractériser les fonctions de service; hiérarchiser les fonctions de service; établir le CDCF. Comme pour l'activité précédente, l'Analyse de la Valeur apporte une aide fondamentale par l'intermédiaire d'une démarche rigoureuse et performante.

II.2.3.3 Concevoir

A partir du Cahier des Charges Fonctionnel, cette activité a pour but d'établir le Dossier avant-projet, donc le choix définitif du concept et des exigences fonctionnelles des performances attendues. Les méthodes de créativité, de calcul, d'évaluation, les essais, ainsi que les moyens de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) constituent des aides précieuses pour parcourir les phases qu'elle contient, à savoir: rechercher des idées et des solutions; étudier les solutions; évaluer les solutions.

II.2.3.4 Définir

C'est l'aboutissement traditionnel du travail effectué par le Bureau d'Etudes. L'avant-projet est complété par une définition exacte de la solution finale; en particulier, les composants à fabriquer font l'objet de dessins de définition. Mais il faut remarquer que ces derniers ne peuvent devenir définitifs qu'après concertation avec les services productifs (approvisionnement, planification, contrôle); ce dialogue a pour objet de mixer les compétences et les contraintes aux bons moments, il enrichit donc la connaissance réciproque des problèmes professionnels rencontrés par les participants opérationnels.

II.2.3.5 Industrialiser

Cette activité a pour but d'établir le Dossier industriel, le prototype et la présérie. Pour la parcourir il est nécessaire, à partir du dossier de définition d'organiser les processus de production, de prévoir les outillages et l'organisation des postes de travail, d'ordonnancer les approvisionnements. Elle fait appel aux Services des Méthodes et Planification - Lancement - Ordonnancement.

II.2.3.6 Homologuer

C'est l'acte de vérification donnant au produit la qualité d'assurer la mission qui lui est demandée. Il s'agit donc de valider le Cahier des Charges Fonctionnel. Pour cela il est nécessaire de procéder aux essais de qualification et d'entériner les résultats, généralement auprès de services officiels.

II.3.3.7 Fabriquer

Cette activité a pour but de réaliser les produits en recueillant et en exploitant les données qualitatives de la production afin de maîtriser la qualité, les coûts, la quantité et les délais de livraison prévus. Ces objectifs requièrent bien évidemment des compétences opérationnelles, mais il faut noter que l'information et l'implication des personnels sont nécessaires afin de décloisonner les tâches et favoriser la communication. A partir du dossier d'industrialisation et de la matière d'œuvre

approvisionnée, il est nécessaire de parcourir les tâches suivantes: fabriquer; gérer la production. Cette activité fait appel aux Services de la Qualité et de la Gestion de Production.

II.2.3.8 Commercialiser

Le produit étant réalisé, il est à présent nécessaire de procéder à son conditionnement et son emballage, son acheminement jusqu'à l'utilisateur final, afin de le lui vendre; ce dernier point induit la mise en œuvre d'une politique de communication. Pour parcourir cette activité il faut donc: concevoir et réaliser l'emballage; distribuer le produit en choisissant les points de vente et les méthodes de vente; pousser le produit vers le consommateur ou tirer celui-ci vers le produit. Elle fait appel aux Services Commerciaux, ainsi qu'aux Services d'Etudes.

II.2.3.9 Assurer la maintenance

D'une manière générale, cette activité peut être décrite selon deux volets celui de l'utilisateur et celui du fournisseur. Pour notre part, les développements portent essentiellement sur le deuxième point de vue. Il s'agit donc d'assurer le suivi logistique du produit, de procéder à une évaluation permanente des performances de ce produit et, en conséquence, de prendre les décisions qui s'imposent. Pour parcourir cette activité il est nécessaire de procéder au suivi administratif et économique en étudiant plus particulièrement le règlement, la tenue du compte client, la garantie légale et la garantie contractuelle, d'assurer le suivi physique relatif au transport, à la livraison, à l'installation et à la mise en route, ainsi qu'à la maintenance, d'évaluer les performances grâce au chiffre d'affaires et à la marge sur le coût direct. L'ensemble de ces tâches sert de base à la prise de décisions s'insérant dans le cadre d'une politique de la qualité totale. Cette activité fait appel aux Services Commerciaux - comptabilité, Après-vente.

II.2.3.10 Eliminer le produit

Cette dernière activité concerne l'action sur le produit au-delà de son utilisation. Les solutions retenues pour éliminer le produit portent sur le recyclage des éléments récupérables constitutifs du produit, la destruction des éléments non récupérables ou le stockage en sécurité des éléments non recyclables et non destructibles. Elle est en général assurée par des entreprises spécialisées. Son rôle essentiel est la protection de l'environnement.

II.2.4 Cycle de développement en termes de processus

Le passage d'un état de référence à l'état suivant s'obtient grâce à la mise en œuvre d'un ou plusieurs processus.

II.2.4.1 Processus d'expression du besoin

C'est l'ensemble des tâches permettant à l'équipe restreinte constituée par le "client" (promoteur du projet) et une petite équipe technique, de préciser le besoin concernant le système ou les sous-systèmes principaux. Il est appliqué durant l'activité N°1 et N°2 (Faisabilité) du déroulement de projet. Il aboutit à la constitution de l'état fonctionnel du produit. Le document attendu en sortie est une STB préliminaire.

II.2.4.2 Processus de définition préliminaire

C'est l'ensemble des tâches permettant d'approfondir toutes les solutions envisageables et se soldant par un choix optimal. Ce processus comprend déjà de la R&D, il est appliqué durant l'activité N°3 (conception préliminaire), il détermine le passage de l'état fonctionnel (état préliminaire de spécification) du produit considéré (du système aux composants) à son état spécifié. Les documents attendus en sortie sont:

- une STB finalisée.
- un dossier de définition préliminaire décrivant les solutions retenues en termes de produits et de performances et permettant d'établir le PBS (décomposition structurée du projet) du système.

II.2.4.3 Processus de définition détaillée

C'est l'ensemble des tâches (études, calculs, essais, contrôle...) permettant

- de mettre en place et de valider la conception
- de s'assurer que la conception est terminée et que les justifications sont suffisantes
- d'élaborer un Dossier Industriel (Dossier de fabrication et de Contrôle) nécessaire pour la fabrication, l'utilisation et la maintenance de tous les exemplaires du produit, compte tenu des impératifs industriels
- de concevoir et d'homologuer les moyens et les méthodes capables de réaliser la mise en œuvre opérationnelle du produit
- de mettre au point les moyens et les méthodes de production
- de fabriquer des prototypes (pour un produit unitaire) ou de fabriquer les premiers exemplaires du produit (dans le cas d'une série) en vue de la qualification de la définition.

Le processus de définition détaillée est appliqué durant l'activité N°3 (Conception détaillée), l'activité N° 4, l'activité N°5 et l'activité N°6. Il détermine le passage de l'état spécifié à l'état défini du système, des sous-systèmes et de tous les produits (constituants, composants...).

II.2.4.4 Processus de réalisation

C'est l'ensemble des tâches permettant de fabriquer et de contrôler les produits destinés à être livrés à l'utilisateur, conformément au dossier industriel. Les différentes tâches ont pour objectif:

- la réalisation du produit;
- la livraison à l'utilisateur du produit final;
- l'élaboration d'une notice d'utilisation;

La réalisation d'un produit comporte de nombreuses phases préalables variant dans leur intensité et dans leurs formes selon le type d'entreprise et selon les moyens disponibles à chacune d'elles. De façon générale, les étapes préalables sont les suivantes:

- a) La conception, le choix, la planification des processus de fabrication et d'assemblage pour chaque pièce, chaque composant, chaque sous-ensembles et chaque assemblage final ; les processus sont définie de façon à y inclure l'ordre des opérations, la spécification des intrants, les méthodes et les procédures de travail; le choix des machines.
- b) La conception et la planification des installations.
- c) La conception et le choix des outillages et des gabarits.
- d) La conception et la planification des sous-systèmes de pilotage, s'il y a lieu, ou leur adaptation.

Le processus de réalisation est appliqué durant l'activité N°7 (Réalisation, Qualification), il détermine le passage de l'état défini à l'état réel du produit

II.2.4.5 Processus de qualification et d'industrialisation

C'est l'ensemble des tâches qui concourent à prouver que le produit défini (identifié par le DD) répond au besoin spécifié (en satisfaisant les exigences de la STB) et est productible les preuves se basent sur des justifications théoriques et expérimentales (prototypes), il est appliqué durant la phase D (Réalisation, Qualification). Une attention particulières est portée au système de qualité et d'ordonnancement et sur les habilités de la main-d'œuvre sans négliger les systèmes d'information.

II.2.4.6 Processus d'acceptation

C'est l'ensemble des tâches (essais, contrôle, documentation requise. .) qui contribuent à prouver que chaque exemplaire du produit fabriqué est conforme au produit défini, La décision d'acceptation est l'acte par lequel le client ou son représentant reconnaît à l'issue du processus d'acceptation, que le produit réalisé est conforme à sa configuration applicable. Cette décision a un caractère technique et doit être obligatoirement suivie d'une décision de réception, à caractère administratif. Processus d'acceptation est appliqué durant l'activité N°7 (Réalisation) Il détermine le passage de l'état réel à l'état vivant.

II.2.4.7 Processus d'utilisation

C'est l'ensemble des tâches exécutées depuis la livraison du produit jusqu'à son retrait de service. Il est appliqué durant l'activité N°8 et N°9 (Utilisation), il correspond à l'état vivant du produit.

II.2.4.8 Processus de retrait de service

C'est l'ensemble des tâches à exécuter pour retirer du service le produit vivant, il est appliqué durant l'activité N°10 (Retrait de service).

II.3. PERCEPTION DU BESOIN

II.3.1. Clarification de la tâche

Faisant suite à la décision de lancer le développement d'un nouveau produit, cette première étape marque le début du processus de conception. Son objectif est de dégager, sur base de la définition initiale du problème, l'ensemble des spécifications auxquelles doit satisfaire le nouveau produit. Ces spécifications, réparties en trois catégories que sont les fonctions, les performances et les contraintes, sont reprises dans un cahier des charges permettant d'identifier par qui et à quel moment elles ont été introduites. Afin de laisser la plus grande latitude possible durant les étapes ultérieures de la conception, ce cahier des charges doit être fonctionnel. Autrement dit, il doit éviter toute allusion, explicite ou implicite, à des solutions particulières.

II.3.2. Détection du besoin

Dans notre cas, les recherches effectuées au sein du Bureau des méthodes de l'entreprise A.L.F.E.T ont fait apparaître un besoin, celui d'un montage d'usinage ayant la capacité de maintenir en position des pièces à usinées. Ce besoin a ensuite été traduit sous la forme d'un problème : "conception d'un montage d'usinage pour fixer et maintenir les pièces à usinées sur la machine-outil". La décision effective d'entamer le développement de ce montage d'usinage a été prise suite à la validation et l'attribution de ce problème en tant que projet de fin d'études par le Comité Scientifique de Département de Génie Mécanique.

II.3.3. Énoncé du besoin

Avant d'imposer un comment ou une solution, il faut se tourner vers l'utilisateur et/ou le demandeur, pour aboutir de manière structurée à la solution, car un projet n'a de sens que s'il satisfait le besoin. La phase de l'énoncé du besoin, concerne les attentes de l'utilisateur potentiel d'un produit. Il s'agit d'exprimer avec rigueur le but et les limites de l'étude, de façon est ce que l'énoncé du besoin fondamental sera mené à travers la recherche de la fonction globale. Sachant que le produit visé par notre étude est un produit non automatisé, la fonction globale sera formulée par une Analyse Fonctionnelle Globale (AFG) à travers l'utilisation du diagramme de la bête à cornes (qui est un des éléments de la méthode APTE) en répondant à quatre questions fondamentales (Figure. 2-1). Cet outil définit le besoin auquel répond le système.

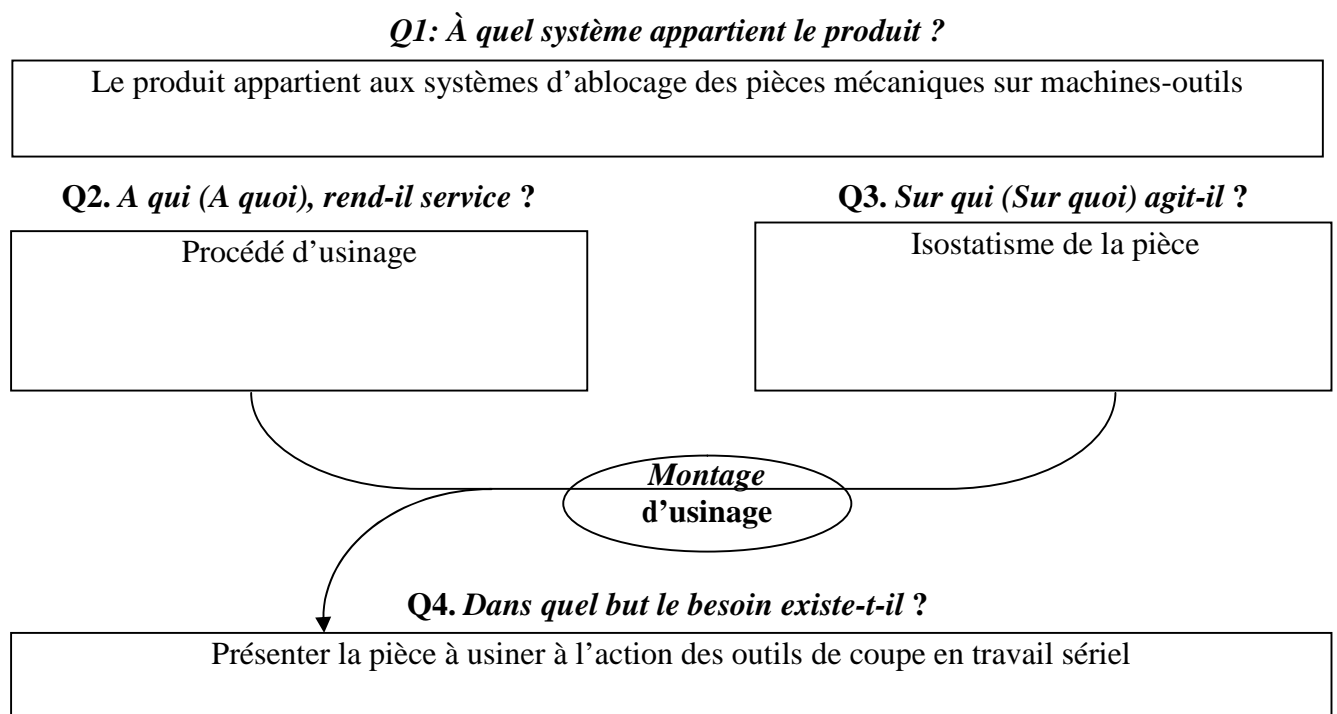


Fig.II.1 : Diagramme de la bête à corne de la méthode APTE

II.3.4. Validation du besoin

Le besoin fondamental sera validé s'il existe une réponse aux quatre questions suivantes :

Q1: "Pourquoi ce système existe-t-il ?" (La cause)

PARCE QU'IL faut fixer la pièce solidement à la bonne position dans l'espace de travail de la machine-outil.

Q2: "Pour quoi ce système existe-t-il ?" (Le but)

POUR positionner et maintenir la pièce dans le référentiel de la machine-outil en vue de son usinage.

Q3: " Qu'est-ce qui pourrait faire évoluer ce système"

L'automatisation du système.

Q4: "Qu'est ce qui pourrait faire disparaître le système"

Plus de procédé d'usinage par enlèvement de la matière.

II.4. EXPRESSION FONCTIONNELLE DU BESOIN

Une étude n'est justifiée que si elle répond à un besoin validé; un besoin est validé que s'il est bien exprimé et un besoin est bien exprimé que s'il est bien analysé. A ce sujet, on a fait appel à un outil très utilisé dans la phase de conception et qui est l'Analyse Fonctionnelle.

L'analyse fonctionnelle est une démarche qui consiste à recenser, caractériser, hiérarchiser et valoriser les fonctions du produit (ou système). Suivant le cas, cette analyse peut être mise au service de deux types d'objectifs :

- a. L'expression fonctionnelle du besoin d'un système à concevoir. C'est ce qu'on dénomme communément l'Analyse Fonctionnelle Externe AFE (ou Analyse Fonctionnelle du Besoin AFB).
- b. L'étude et la compréhension d'un système existant associé à un besoin :
 - c'est ce qu'on dénomme communément l'Analyse Fonctionnelle Interne AFI (ou Analyse Fonctionnelle Technique AFT) qui permet la matérialisation des concepts de solutions techniques.
 - L'analyse fonctionnelle descendante permet la décomposition structurelle d'un système en sous-ensembles fonctionnels.

II.4.1. Diagramme des interacteurs

Le diagramme des interacteurs est un outil issu de la méthode APTE, et vise à identifier les fonctions d'un système ou d'un produit, et rechercher les fonctions attendues ainsi que leurs relations dans l'analyse fonctionnelle du besoin (ou analyse fonctionnelle externe).

Les relations entre les fonctions et l'objet vont être représentées dans "la pieuvre". Son avantage principal est de présenter synthétiquement et de manière conviviale ce que la littérature décrirait dans un document très long et peu explicite. Le diagramme des interacteurs de la Figure. 2-2, est la représentation graphique des milieux extérieurs associés au produit et dans lequel ils y sont inventoriés. Il met en évidence tous les éléments matériels ou immatériels qui constituent l'ensemble des composantes physiques, humaines, techniques et juridiques en relation avec le produit, et cela pendant soit son utilisation, sa mise en œuvre, ou sa réutilisation.

L'élaboration du diagramme des interacteurs, est fondée essentiellement sur l'inventaire systématique du milieu environnant à travers:

- L'identification de toutes les composantes du milieu environnant du produit;
- L'établissement de toutes les relations entre le produit et les composantes du milieu environnant;
- L'identification des relations entre le produit et une ou plusieurs composantes du milieu environnant en tant que fonctions de service devant être assurées par le produit en question.

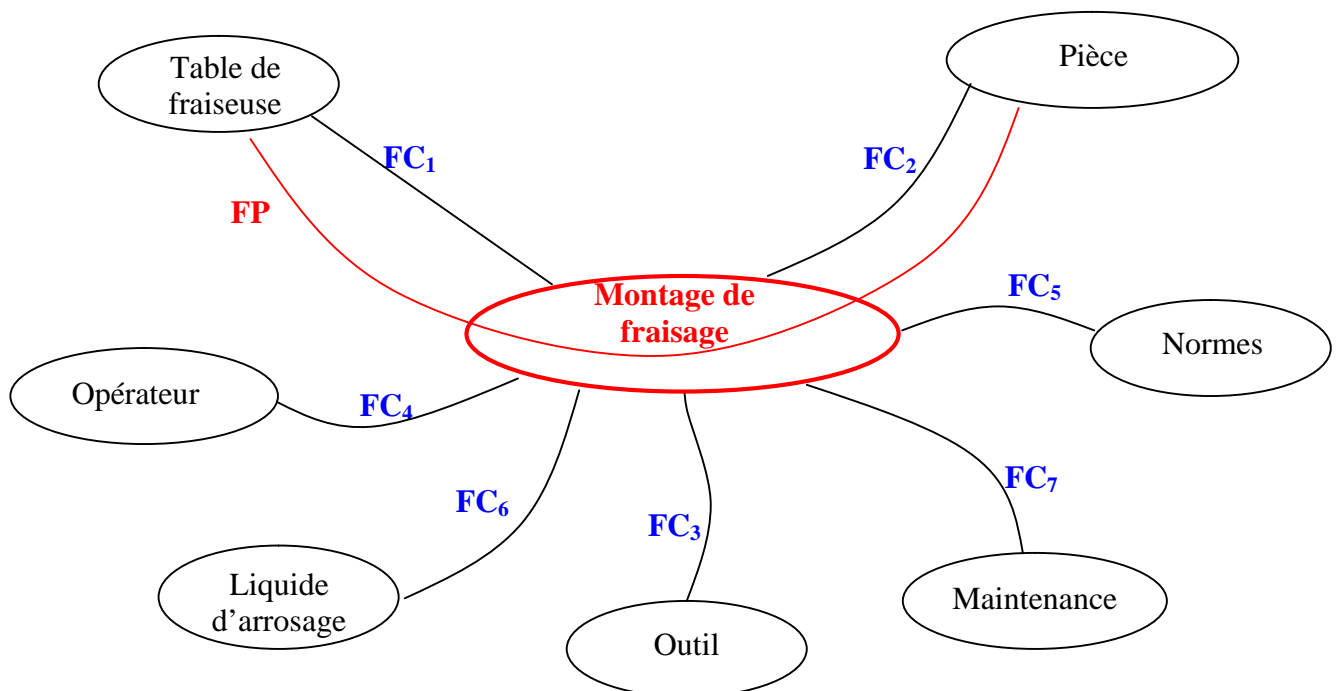


Fig.II.2 : Diagramme des interacteurs de la méthode APTE

II.4.2. Définition des fonctions de service

La connaissance des fonctions découlant d'un besoin aide à mieux définir le produit qui satisfera ce besoin.

II.4.2.1. Notion de fonction

L'analyse fonctionnelle fait appel à un vocabulaire normalisé qu'il faut maîtriser pour éviter toute confusion. Selon les normes AFNOR NF EN 1325 et NF X 50-150 153, une fonction est définie comme suit:

"La fonction l'action d'un produit ou l'un de ses constituants exprimée exclusivement en terme de finalité".

La fonction est le critère de base dans l'analyse fonctionnelle, tel que :

- Les besoins et les CDCF sont *décrits* par fonction.
- Les éléments, les pièces et les opérations sont *classés* par fonction.
- Les coûts et les valeurs sont *estimés* par fonction.
- La recherche de solution est *menée* par fonction.

Tout "*produit*", en réponse à des "*besoins*" assure des "*fonctions*". La fonction est une notion abstraite, totalement indépendante des solutions.

II.4.2.2. Classification des fonctions

Selon les normes AFNOR NF EN 1325 et NF X 50-150 153, on distinguera divers types de fonctions :

1. **Fonction de service [FS]** : action attendue d'un produit (ou réalisée par lui) pour répondre à un élément du besoin d'un utilisateur donné.
2. **Fonction technique [FT]**: Action interne au produit (entre ses constituants) choisie par le Concepteur-réalisateur, dans le cadre d'une solution pour assurer des fonctions de service.

Une fonction technique répond à un besoin technique du concepteur/réalisateur et peut être ignorée de l'utilisateur final du produit.

II.4.2.3. Fonction de service

Il faut souvent plusieurs fonctions de service pour répondre à un besoin. Les fonctions de service comprennent:

- Les fonctions d'usage [FU], qui représentent la partie rationnelle du besoin.
- Les fonctions d'estime [FE], qui représentent la partie subjective du besoin

On peut distinguer:

1°. Fonctions principales

Ce sont les fonctions qui correspondent aux services rendus par le produit pour répondre aux besoins de l'utilisateur. Dans ce cas on parle de fonction d'interaction. Elles traduisent quelles sont les raisons pour lesquelles l'objet a été créé ? Pour chaque phase de son cycle de vie, il s'agit d'identifier les relations créées par l'objet entre deux ou plusieurs éléments de son milieu d'utilisation (extérieur à l'objet). Il faut ensuite exprimer le but de chaque relation créée, chaque but détermine ainsi une fonction principale. *Une fonction principale est exprimée par 2 milieux extérieurs et un verbe.*

2°. Fonctions contraintes

Ce sont les fonctions qui traduisent des réactions, des résistances ou des adaptations à des éléments du milieu extérieur. Dans ce cas on parle de fonction d'adaptation. Elles traduisent quelles sont les contraintes auxquelles l'objet doit satisfaire ? Pour chaque position d'utilisation, il s'agit de définir les contraintes imposées au produit par son milieu extérieur d'utilisation. Cela revient à identifier les relations entre l'objet et un élément du milieu d'environnement. Le but de ces relations est appelé fonction de contrainte. *Une fonction de contrainte est exprimée par 1 milieu extérieur et un verbe.*

Les fonctions contraintes peuvent parvenir de façon différente :

- contrainte imposée par l'action d'un élément du milieu extérieur,
- contrainte d'interface avec un produit existant,
- exigence particulière (de l'utilisateur).

Tab II.2 : Enoncé et formulation des fonctions de services

Fonctions d'interaction	Fonction	Enoncé
	FP	Le montage d'usinage doit assurer la mise en position et le maintien en position de la pièce sur la table de la machine-outil.
Fonctions d'adaptation	FC ₁	Doit s'adapter à la table de fraiseuse.
	FC ₂	Doit s'adapter à la forme de la pièce.
	FC ₃	Doit garantir un libre accès de l'outil aux surfaces à usiner.
	FC ₄	Doit être manœuvré par l'opérateur.
	FC ₅	Doit respecter les normes.
	FC ₆	Doit résister à l'action du liquide d'arrosage.
	FC ₇	Doit garantir le principe du F.M.D (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité).

II.2.3. Validation des fonctions

Chaque fonction doit être validée en répondant aux questions suivantes :

- Pourquoi cette fonction ? *La réponse sera la cause, l'origine du besoin.*
On répond par : Parce que
- Pour quoi cette fonction ? *La réponse donnera le but, la finalité du besoin.*
On répond par : Pour
- Qu'est ce qui pourrait faire évoluer ou disparaître cette fonction ? *La réponse donnera les raisons du non existence ou de la fonction.*
- La fonction est – elle stable ? *La réponse sera donnée sous forme d'une probabilité.*

II.2.4. Caractérisation des fonctions

Dans cette phase, la plus difficile, l'utilisateur met en évidence les performances que le produit fini devra atteindre. L'utilisateur devra caractériser le verbe qui exprime l'action sachant que, caractériser les fonctions de service revient à qualifier et quantifier ces fonctions.

A cet effet, Il s'agit pour l'utilisateur d'identifier la grandeur physique qui évolue et de préciser le critère qui va servir à son évaluation et le niveau que doit atteindre cette grandeur pour conclure quand à la réalisation de l'action concernée. Une fonction peut générer l'évolution de plusieurs grandeurs physiques. Pour chaque fonction de service, il faut:

- **qualifier** par des mots les critères de performances de l'action décrite par le verbe ou le groupe verbal: *ou? ; quand? ; comment? ; combien?*
- **quantifier** pour chaque critère, le niveau de performance attendu et les limites d'acceptabilité
- **contrôler** la validité et la stabilité de ces critères et de ces valeurs

La caractérisation doit permettre d'apprécier une fonction ; ainsi chaque fonction sera caractérisée par un ou plusieurs critères, dont le niveau et la flexibilité associée seront précisés.

L'expression de la caractérisation est normalisée par la norme AFNOR. Dans cette norme, la flexibilité englobe la classe, les limites d'acceptation et le taux d'échange.

La classe relève du même concept que la hiérarchisation. Le taux d'échange injecte la notion de coût dans l'analyse. (Se reporter aux normes AFNOR NF EN 1325 et NF X 50-150 153)

1°. Critère d'appréciation

C'est le caractère retenu pour apprécier la manière dont une fonction est remplie, ou une contrainte respectée. Dans la mesure du possible, le critère d'appréciation doit être accompagné d'une échelle permettant de situer son niveau.

- Pour chaque fonction externe, rechercher les critères d'appréciation de cette fonction.
- Pour chaque fonction, il faut souvent plusieurs critères d'appréciation de natures différentes

2°. Niveau d'acceptation d'un critère

C'est une grandeur repérée dans l'échelle adoptée pour un critère d'appréciation d'une fonction. Cette grandeur peut être celle recherchée en tant qu'objectif, ou celle atteinte pour une solution proposée. Suivant le cas, la satisfaction du besoin de l'utilisateur croît ou décroît avec le niveau ou encore présente un optimum.

- Pour chaque critère d'appréciation, préciser le niveau d'acceptation.
- La formulation d'un critère en termes de qualité doit se compléter par son niveau, si possible qualitatif, pour acceptation ou refus du produit de la part de l'utilisateur.

3°. Flexibilité d'un critère

C'est un ensemble d'indications exprimées par le demandeur sur les possibilités de moduler le niveau recherché pour un critère d'appréciation. La prise en compte de la flexibilité des niveaux est une des caractéristiques fondamentales du cahier des charges fonctionnel. Elle permet d'organiser le dialogue entre partenaires dans la recherche d'une véritable optimisation.

Tout niveau de critère d'appréciation est assorti d'une indication de flexibilité qui peut s'exprimer :

- Qualitativement par des classes de flexibilité.
- Quantitativement sous forme de limites d'acceptation.

La tolérance liée à la valeur nominale du niveau fait partie intégrante de ce niveau. Il ne faut pas la confondre avec la flexibilité.

La flexibilité est fondée sur trois paramètres : Classe de flexibilité, limite d'acceptation et le taux d'échange.

a. Classe de flexibilité

C'est une indication littérale, placée auprès d'un critère d'appréciation permettant de préciser son degré de négociabilité ou d'impérativité. On peut par exemple définir quatre classes de flexibilité :

- Flexibilité nulle (F0) : Niveau impératif
- Flexibilité faible (F1) : Niveau peu négociable.
- Flexibilité moyenne (F2) : Niveau négociable.
- Flexibilité forte (F3) : Niveau très négociable.

b. Limites d'acceptation

C'est un niveau de critère d'appréciation au-delà duquel, ou en deçà suivant le cas, le besoin est jugé non satisfaisant. Toute solution ne respectant pas ou plus une limite d'acceptation est inacceptable. De ce fait, le demandeur doit être extrêmement conscient des conséquences du choix des limites.

c. Taux d'échange

C'est le rapport déclaré acceptable par l'utilisateur entre la variation du prix (ou du coût) et la variation correspondante du niveau d'un critère d'appréciation, ou entre les variations de niveau de deux critères d'appréciation.

Tab II.3 : *Caractérisation des fonctions de service*

	Caractéristiques des milieux extérieurs	Critères d'appréciation	Niveau du critère	Flexibilité
FP	Le montage d'usinage doit assurer l'ablocage de la pièce sur la table de la machine-outil.	-Effort de serrage	- 120 N	± 10 N
FC₁	Le montage d'usinage doit s'adapter à la table de fraiseuse.	- Dimensions - Masse	- 300 mm - 9 Kg	± 5 mm ± 1 Kg
FC₂	Le montage d'usinage doit s'adapter à la forme de la pièce.	- Effort de fixation - Dimensions - Masse de la pièce	- 120 N - 200 mm - 4 Kg	± 10 N ± 10 mm ± 0.5 Kg
FC₃	Le montage d'usinage doit garantir un libre accès de l'outil aux surfaces à usiner.	- Effort de coupe - Positionnement	- 50N	± 2 N
FC₄	Le montage d'usinage doit être manœuvré par l'opérateur.	- Commande manuelle	- Direction	0

FC₅	Le montage d'usinage doit respecter les normes.	- Conforme aux normes		
FC₆	Le montage d'usinage doit s'alimenter en énergie.			
FC₇	Le montage d'usinage doit résister à l'action du liquide d'arrosage	- Arrosage		
FC₈	Le montage d'usinage doit garantir le principe du F.M.D (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité).		NF EN 292-1	

II.2.5. Hiérarchisation des fonctions

Toutes les fonctions n'ont pas la même importance, d'où la nécessité de les ordonner et de les classer. L'utilisateur commence tout d'abord par classer les fonctions en utilisant un outil approprié puis leur donner un poids relatif

1°. Ordonner les fonctions

Dans cette phase l'utilisateur, va classer toutes les fonctions externes c'est à dire établir leur ordre d'importance. Il est possible de préciser leur importance relative soit en utilisant une échelle d'importance, soit en utilisant la technique du tri croisé.

a. Une échelle d'importance

En dressant une échelle de 1 à 5, on pourra utiliser le tableau suivant :

Tab II.4 : Echelle d'importance

K	Importance
1	Utile
2	Nécessaire
3	Importante
4	Très importante
5	Vitale

b. La méthode du tri croisé.

Les tris croisés, permettent de mettre en évidence les différences de supériorités entre les fonctions étudiées. Le croisement des fonctions est obtenu sur une matrice carrée, où pour chaque fonction (en ligne) on note sa supériorité par rapport à toutes les autres fonctions (en colonne). La notation conseillée est la suivante (figure 2-3):

- 1 : Légèrement supérieure ou égale
- 2 : Moyennement supérieure.
- 3 : Très nettement supérieure.
- 0 : non admis en première cotation, utilisé si rééquilibrage.

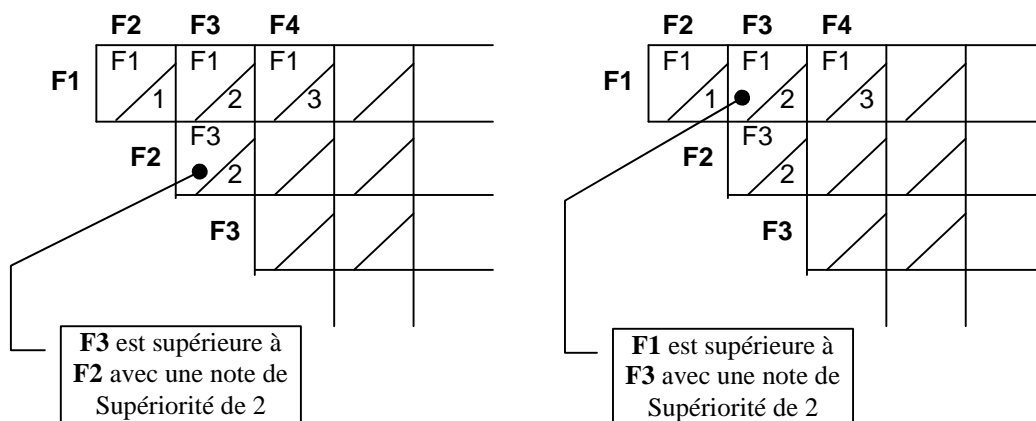


Fig.II.3 : Principe du tri croisé

Pour notre étude, on a opté pour la méthode du tri croisé qui convient le mieux à ce type de problème. Une fois le barème adopté, une matrice triangulaire supérieure permet de faire le tri des fonctions en leur attribuant des notes qui jugent leur supériorité relative afin de dégager leur degré d'importance. Le tableau 2-5, expose la matrice du tri concernant les fonctions de service su banc d'usure objet de notre étude.

Tab II.5 : Hiérarchisation des fonctions de service du Montage d'usinage

	FC ₁	FC ₂	FC ₃	FC ₄	FC ₅	FC ₆	FC ₇	Total	Taux
FP	FP 1	FP 1	FP 2	FP 3	FP 5	FP 5	FP 5	22	27.5%
	FC ₁	FC ₂ 1	FC ₁ 1	FC ₁ 3	FC ₁ 3	FC ₁ 4	FC ₁ 3	14	17.5%
		FC ₂	FC ₂ 3	FC ₂ 4	FC ₂ 5	FC ₂ 4	FC ₂ 3	20	25%
			FC ₃	FC ₃ 4	FC ₅ 2	FC ₃ 3	FC ₃ 1	8	10%
				FC ₄	FC ₅ 3	FC ₄ 1	FC ₄ 2	2	2.5%
					FC ₅	FC ₅ 3	FC ₇ 4	8	10%
						FC ₆	FC ₆ 2	2	2.5%
							FC ₇	4	5%
								80	100%

2°. Sélection des fonctions

Pour simplifier l'étude d'un problème en n'en retenant que les fonctions les plus significatives, on utilise un outil appelé "Diagramme de PARETO".

(Désignations similaires: Méthode 80/20, Carré de Gini Courbe ABC, Courbe des fréquences cumulées, Loi de Galton, Loi de l'effet proportionnel de Gibrat, Loi de distribution gauss-logarithmique, Loi log-normale.)

Cet outil a pour but de sélectionner, dans une population, les fonctions les plus représentatives en regard d'un critère chiffrable. Néanmoins, il possède des contraintes d'utilisation tel que :

- le critère de sélection retenu soit chiffrable.
- Le nombre de sujet composant la population doit être supérieur à 10 pour être conforme à la notion de statistique.

La méthodologie adoptée pour l'établissement du diagramme de Pareto, est donnée par l'enchaînement des étapes suivantes:

- 1- Collecter les données relatives au problème
- 2- Définir un premier critère de sélection des sujets
- 3- Valoriser pour chaque sujet le critère
- 4- Classer les sujets dans l'ordre décroissant de la valeur du critère
- 5- Calculer les valeurs cumulées du critère (dans l'ordre de classement)
- 6- Confectionner le tableau ou tracer la courbe des fréquences cumulées
- 7- Interpréter le tableau ou la courbe
- 8- Répéter les étapes 2 à 7 avec un nouveau critère afin de confirmer les résultats

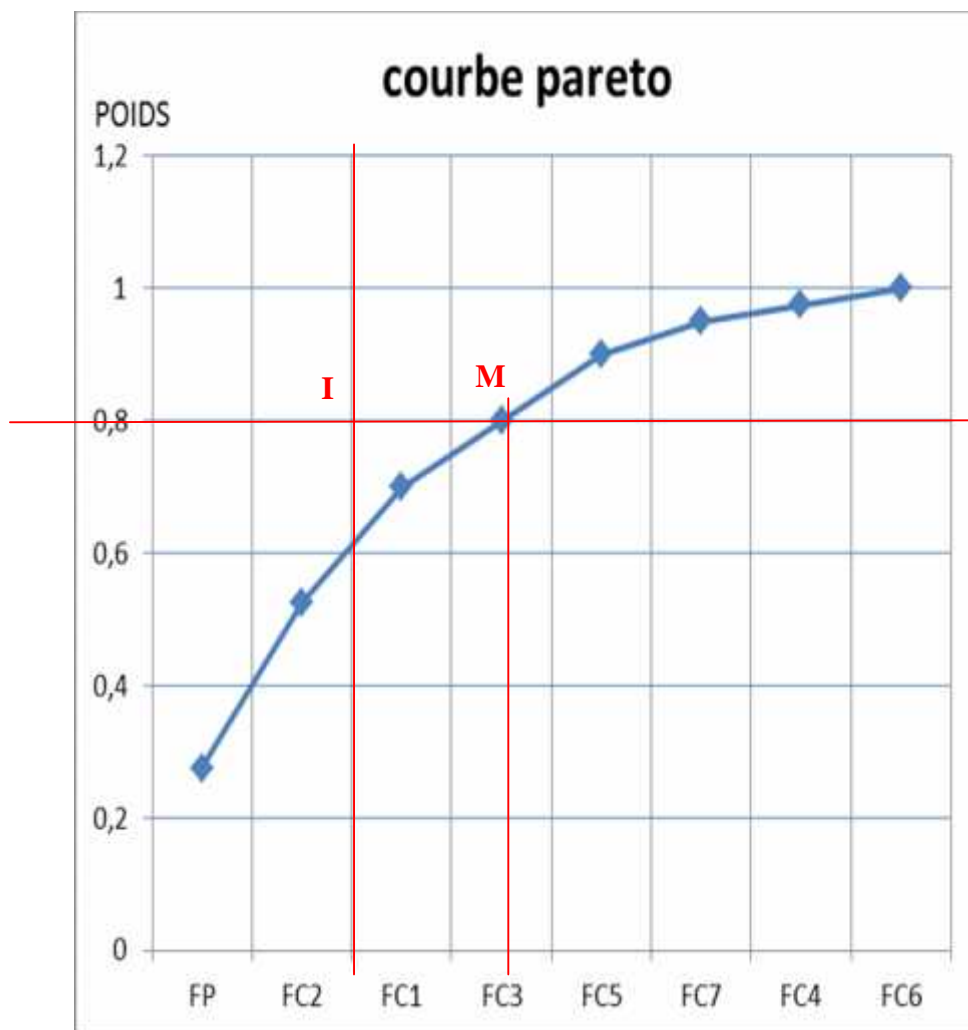


Fig.II.4 : Sélection des fonctions de service les plus significatives