

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Amar Telidji - Laghouat



Faculté de Technologie

Spécialité : Génie Mécanique, Construction Mécanique

SUPPORT DE COURS

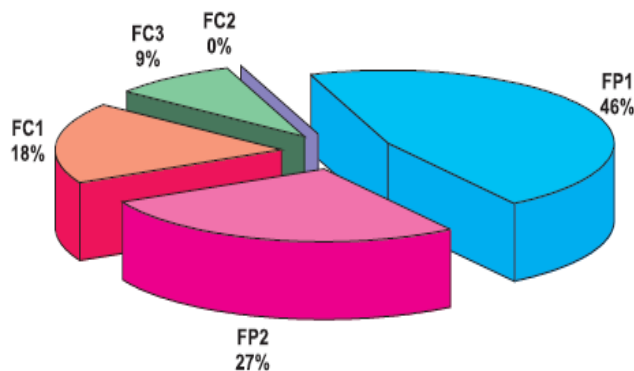
Pour 1^{ère} année Master CM

Préparé par le docteur

BENSAHAL DJAMEL

THEME

Conception des Systèmes Mécaniques



Version 2020

Préface

La fabrication des produits nouveaux pour une entreprise est un objectif majeur pour acquérir un gain d'argent (bénéfice) d'où sa continuité. Cette vision ne sera pas déterministe et positive si on ne fait pas une bonne étude du produit destiné à la fabrication qui comprend une excellente conception pour le bon fonctionnement du produit et une bonne analyse de valeur pour un prix compétitif. L'étude détaillée devient impérative et obligatoire pour la réussite en vente du produit ciblé (coté économique).

Dans cette perspective, la démarche de l'analyse fonctionnelle du produit sera prometteuse et fructueuse. Cette analyse va nous permettre de mieux comprendre les fonctions principales du produit (son besoin d'existence) et de bien d'écrire les fonctions contraintes qui mettent en jeux les interactions existantes entre le produit et son environnement.

Le support de cours est composé de huit chapitres comme suit :

- **Le premier chapitre** est consacré à des définitions comme (besoin, produit, environnement d'un produit, cycle de vie d'un produit et Processus de développement de produit) et des généralités sur l'analyse fonctionnelle externe et interne.
- **Le deuxième chapitre** présente la définition des fonctions, leurs formulation et quelques définitions des fonctions : de service, complémentaires, contraintes et techniques.
- **Le troisième chapitre** décrit la démarche de l'analyse fonctionnelle en mettant le volet sur les points suivants : Expression du besoin, recensement, ordonnancement, caractérisation, hiérarchisation, diagramme de « Pieuvre » ou diagramme d'interactions. Ce chapitre est complété par des applications.

- **Le quatrième chapitre** est consacré à donner des définitions sur : le cahier des charges fonctionnel (Cdcf), critère, niveau, flexibilité, démarche de l'analyse de la valeur et finalement la rédaction du Cdcf.
- **Le cinquième chapitre** présente l'application du premier outil de l'analyse fonctionnelle interne : F.A.S.T.
- **Le sixième chapitre** où l'on présente une application à la chaîne cinématique d'une machine-outil (perceuse sensitive).
- **Le septième chapitre** est consacré à une application à la chaîne cinématique d'un moyen de levage.
- **Le huitième chapitre** décrit une application à la conception complète d'un organe de machine.

Chaque chapitre est suivi des exercices qui peuvent aider l'étudiant à la bonne compréhension des définitions et des méthodes entrant dans le cadre de l'analyse fonctionnelle d'un produit.

Le contenu de ce support de cours est largement inspiré des documents et sources citées dans la liste des références bibliographiques.

Sommaire

Préface	02
Chapitre 1 : Généralités sur l'analyse fonctionnelle....	07
1.1 Introduction.....	07
1.2 Définition.....	07
1.3 Analyse fonctionnelle externe.....	09
1.4 Analyse fonctionnelle interne.....	09
1.5 Besoin	09
1.5.1 Saisir le besoin.....	10
1.5.2 Énoncer le besoin.....	11
1.5.3 Valider le besoin.....	11
1.6 Produit.....	12
1.7 Système.....	13
1.8 L'utilisateur.....	13
1.9 Environnement d'un produit.....	14
1.10 Processus de développement de produit.....	14
1.11 Cycle de vie d'un produit.....	16
1.12 Champ d'application.....	17
1.13 Quelques notions de base indispensables.....	17
1.14 Qualité d'un produit.....	18
1.15 Exercices	19
Références bibliographiques.....	22
Chapitre 2 : Fonctions.....	24

2.1 Définitions.....	24
2.2 Formulation des fonctions.....	25
2.3 Fonction principale de service.....	25
2.4 Fonctions complémentaires.....	27
2.5 Fonction contrainte.....	28
2.6 Fonction technique.....	28
2.7 Exercices.....	28
Références bibliographiques.....	31

Chapitre 3 : Démarche de l'analyse fonctionnelle..... 32

3.1 Expression du besoin.....	32
3.2 Recensement des fonctions de service.....	33
3.3 Les contraintes	34
3.4 Hiérarchisation des fonctions de service	35
3.5 Applications.....	37
Références bibliographiques.....	40

Chapitre 4 : Le cahier des charges fonctionnel..... 41

4.1 Définitions.....	41
4.2 Méthodologie [1].....	41
4.3 Applications (tondeuse à gazon).....	43
4.4 Plan-type selon la norme AFNOR NF X50 - 151.....	44
Références bibliographiques.....	46

Chapitre 5 : Application du premier outil de l'analyse fonctionnelle interne : F.A.S.T.....	47
Références bibliographiques.....	50
Chapitre 6 : Application à la chaîne cinématique d'une machine-outil.....	51
Références bibliographiques.....	53
Chapitre 7 : Application à la chaîne cinématique d'un moyen de levage.....	54
Références bibliographiques.....	59
Chapitre 8 : Application à la conception complète d'un organe de machine.....	60
Références bibliographiques.....	62
Annexe A: Exercices résolus du chapitre 1.....	63
Annexe B: Exercices résolus du chapitre 2.....	67
Annexe C: Exercices résolus du chapitre 3.....	69
Annexe D: Exercices résolus du chapitre 5.....	72
Annexe E: Exercices résolus du chapitre 6.....	75

Chapitre 1 : Généralités sur l'analyse fonctionnelle

1.1 Introduction

Cher lecteur, avant d'entamer ce premier chapitre, il serait très indispensable de poser les questions légitimes suivantes :

Pourquoi étudions-nous cette analyse fonctionnelle ou bien quelle est l'utilité de cette étude?

Si on ne fait pas cette analyse fonctionnelle, y aura-t-il des répercussions sur le projet qu'on veut réaliser ?

Soit disant, si cette analyse est importante, qu'est-ce que ça veut dire l'analyse fonctionnelle ?

Dans ce chapitre, on va donner un ensemble de définitions que nous jugeons nécessaires pour la bonne compréhension des cours qui viendront par la suite.

1.2 Définitions

-On peut dire que l'analyse fonctionnelle est une première étape dans un processus de conception d'un produit. C'est une démarche réaliste qui prend en compte tous les objectifs ciblés (fonctions) avec le minimum d'encombrement et de coût compétitif.

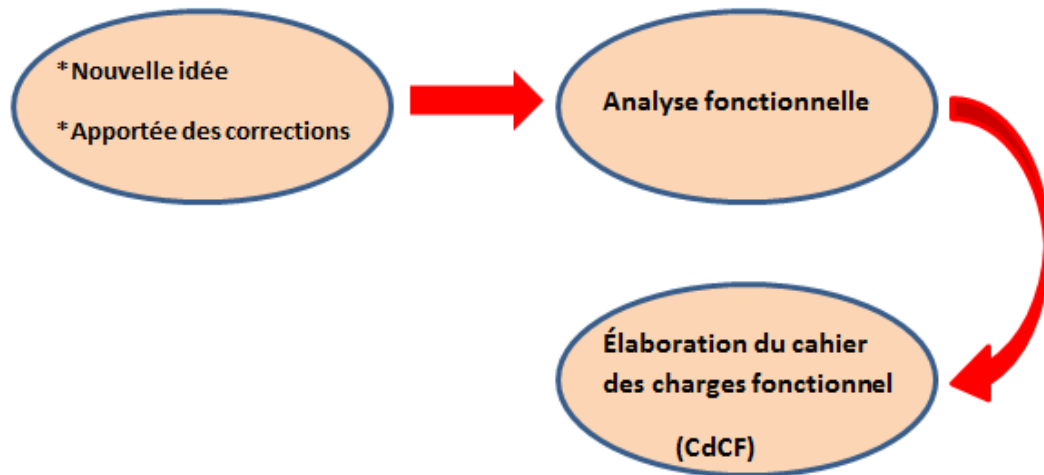
-L'analyse fonctionnelle fournit une méthode à la fois technique et pédagogique qui s'inscrit dans une démarche rationnelle de construction des savoirs et des savoirs faire, et apporte des repères suffisants pour permettre d'analyser, choisir et utiliser un équipement, quelque qu'il soit et quel que soit les évolutions technologiques prévisibles ou non. Elle permet plus facilement, d'autre part, de dégager et d'atteindre les objectifs opératoires nécessaires à la formation technique et professionnelle des élèves. Convenablement adaptée, c'est une approche pédagogique qui vise à la cohérence et à l'efficacité. 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 a priori de solutions. La diversité des solutions techniques possible déterminera l'ampleur du choix d'appareils ayant la même fonction globale. Pédagogiquement, l'approche fonctionnelle s'inscrit dans une démarche inductive. Elle répond à la question de comment garantir une culture minimale des solutions techniques sans réaliser une approche exhaustive des équipements [1].

A titre d'exemple, si on veut organiser une excursion à Tamanrasset, il faut bien s'organiser pour mieux passer un bon séjour, pour cela certains préparatifs sont nécessaires tels que :

- La connaissance de distance séparant les deux villes (habitation-destination) ;
- L'outil de transport utilisé ;
- Temps du voyage (aller-retour) ;
- Coût ;
- La nature du voyage (collectif ou individuel) ;
- Des informations concernant les sites à visiter ;
- La restauration et l'hébergement sont prises en charge ou non ;
- La nature du climat...etc.

Cela implique, tout projet à concevoir demande implicitement une réflexion profonde et judicieuse. C'est pourquoi l'analyse fonctionnelle est une démarche qui consiste à traduire les attentes (objectifs) des clients en solutions techniques. L'analyse fonctionnelle se divise en deux parties successives : l'une appelée **externe** et l'autre appelée **interne**.



La rédaction de ces deux parties sera élaborée sur un cahier que l'on appelle cahier des charges fonctionnel (CdCF). Ce dernier exprime toutes les attentes du client.

1.3 Analyse fonctionnelle externe

Cette analyse exprime les attentes ou les besoins du client.

Exemple : un client se présente à une société d'informatique pour lui demander l'élaboration d'un logiciel qu'il puisse installer sur son ordinateur dont le but de lui calculer certains paramètres et de les imprimer par la suite.

1.4 Analyse fonctionnelle interne

Cette analyse exprime le point de vue du concepteur par la définition de toutes les fonctions de service du produit en fonctions techniques (choix des solutions de conception).

Exemple : Le bureau d'étude exprime ses solutions techniques pour le projet en respectant les attentes demandées par le client tout en élaboration des dessins d'ensembles et dessins de définitions qui vont servir par la suite à la réalisation du produit désiré.

1.5 Besoin

Un besoin est une nécessité ou un désir éprouvé par un utilisateur.



'' Ce qu'un homme a rêvé, un homme peut le faire. '' Jules Verne.

Exemple :

Avoir l'envie de : manger, voir un match, voyager, dessiner un tableau, ...etc. l'analyse du besoin se fait en trois étapes successives :

1.5.1 Saisir le besoin

Le saisis du besoin se fait par le biais des services suivantes (commercial et qualité) qui appartiennent aux sociétés travaillant dans le secteur d'industrie. La collecte d'informations sur le produit (les ventes et les réclamations) renseigne sur le taux de satisfaction du client.

Exemple :

⇒ Vente excellente (service commercial) et minimum de réclamations (service après-vente) implique que le client a une bonne satisfaction du produit.

⇒ Vente basse (service commercial) et beaucoup de réclamations (service après-vente) implique que le client a une mauvaise satisfaction du produit.

1.5.2 Énoncer le besoin

Cette phase est déterminante car elle exprime avec précision les objectifs de l'étude qui vont répondre aux questions suivantes :

- A qui (A quoi) rend service ?
- Sur qui (sur quoi) agit-il ?
- Pour quel but ?

Exemple : le stylo à écrire

- A qui (A quoi) rend service ?
L'utilisateur (étudiant, écrivain, enseignant, ... etc.).
- Sur qui (sur quoi) agit-il ?
Il agit sur le papier.
- Pour quel but ?
Pour écrire des informations.

1.5.3 Valider le besoin

Pour la validation du besoin, il nous faut répondre aux questions suivantes:

- Pourquoi le besoin existe-t-il ?
- Qu'est-ce qui pourrait le faire évoluer ?
- Qu'est ce qui pourrait le faire disparaître ?

Exemple : Le stylo à écrire.

- Pourquoi le besoin existe-t-il ?

Parce qu'on a toujours à écrire les informations pour les sauvegarder ou remplir des formulaires administratives.

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

La nature des matériaux utilisés.

Qu'est ce qui pourrait le faire disparaître ?

La chaleur intensive, la très basse température, la cassure de la tête et l'absence de l'encre.

1.6 Produit

Tout ce qui sera fourni à l'utilisateur pour répondre à son besoin. Toutes les choses qu'on utilise dans notre vie actuelle. Il peut être une chose :

- Matérielle (Exemple : voiture, TV, ...etc.) ;
- Logiciel (Exemple : Windows 7, Kaspersky) ;
- Energie (Exemple : électricité, batterie) ;
- Information (Exemple : internet) ;
- un service (Exemple : transport publique) ;
- ou un processus (Exemple : chaine de montage de cuisinière).

Exemple : Voiture, téléviseur, réfrigérateur, chariot élévateur, table, ...etc.

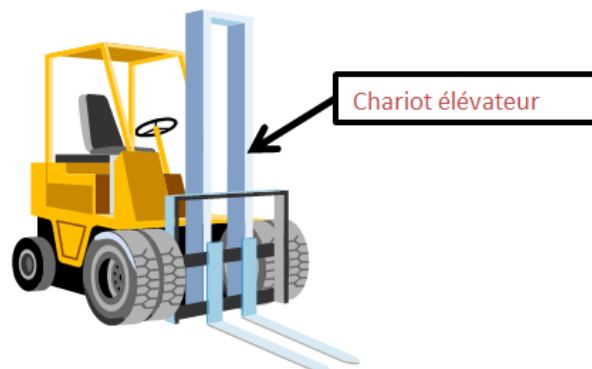


Figure 1.1 : Chariot élévateur.

1.7 Système

-Un système est un ensemble d'éléments bien répartis et liés entre eux par des liaisons bien définies.

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

Un système se définit par six éléments :

- Trois externes : objectifs, environnement et évolution,
- Trois internes : composants, structures, fonctions.

L'analyse fonctionnelle (AF) est une modélisation du système avec un point de vue (celui de l'utilisateur) sur les fonctions et leur structure [2].

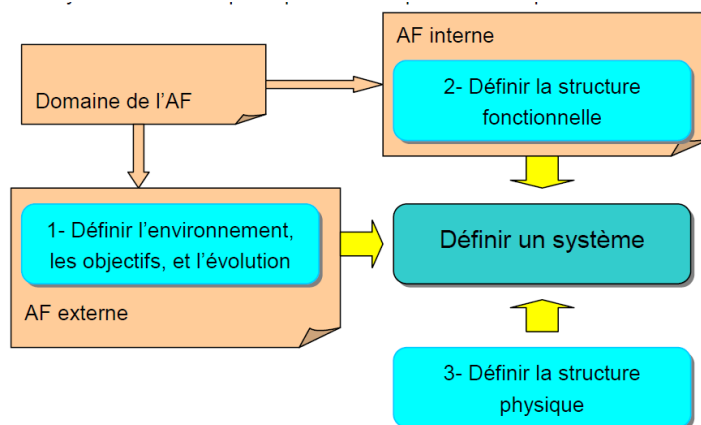


Figure 1.2 : Les différents éléments d'un système [2].

1.8 L'utilisateur

C'est la personne (le consommateur) qui utilise le produit.

Exemple : Le conducteur d'une voiture (produit : voiture, utilisateur : le conducteur), la personne qui regarde la télévision (produit : la télévision, utilisateur : la personne), le footballeur qui joue avec le ballon (produit : le ballon, utilisateur : le footballeur).

1.9 Environnement d'un produit

L'environnement d'un produit ou le milieu extérieur est constitué par des éléments qui possèdent des relations avec le produit [3].

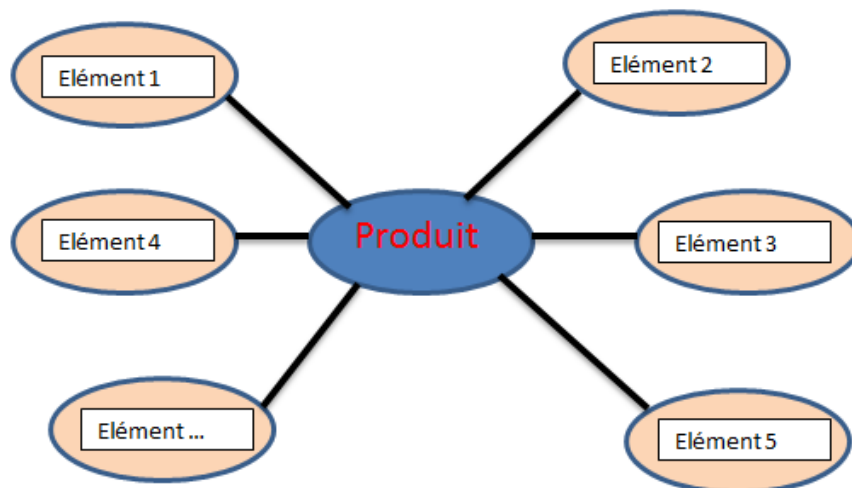


Figure 1.3 : L'environnement d'un produit.

1.10 Processus de développement de produit

Le développement de nouveaux produits est une activité centrale pour la survie de l'entreprise. Pourtant, la plupart de ces innovations échouent, et si le nombre de lancements ne cesse de croître, le taux d'échec reste supérieur à 50% dans le meilleur des cas. Comprendre les raisons de ces échecs et de ces succès permet de mieux garantir la performance commerciale et financière d'une innovation produit.

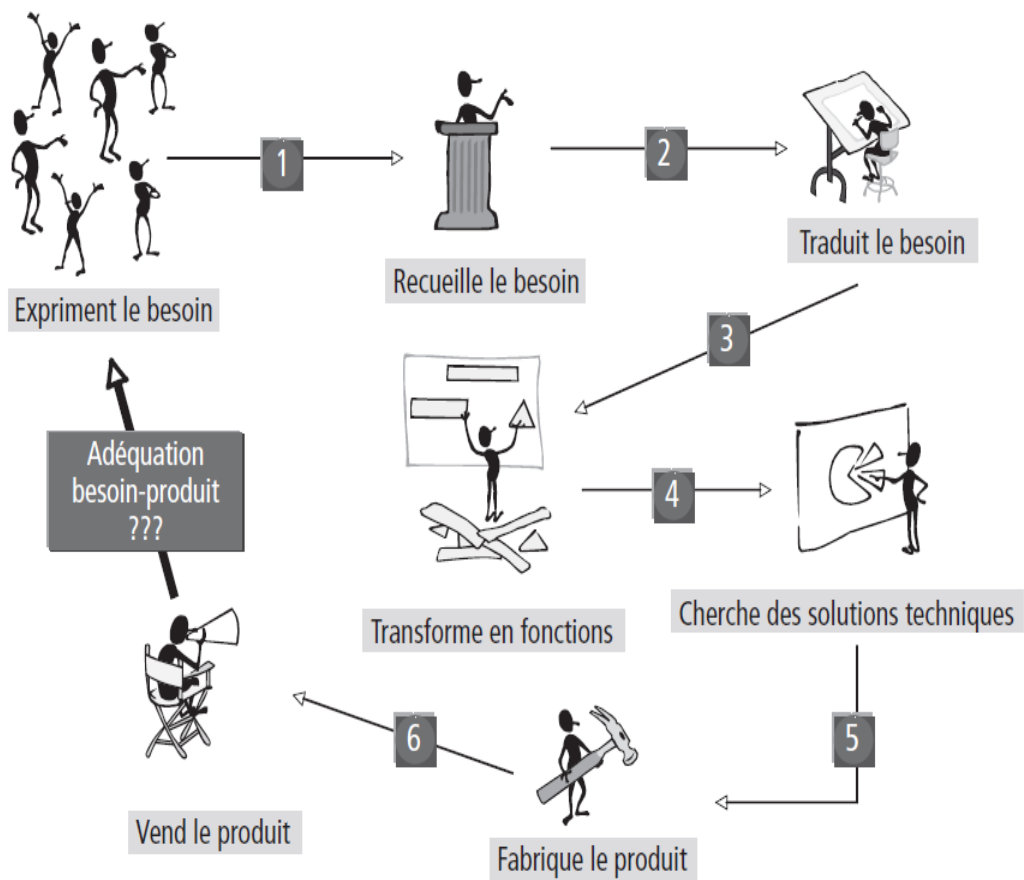


Figure 1.4 : Le parcours du produit de sa phase initiale jusqu'à sa vente [4].

Le processus de développement de produit est défini comme suit [5- 12] :

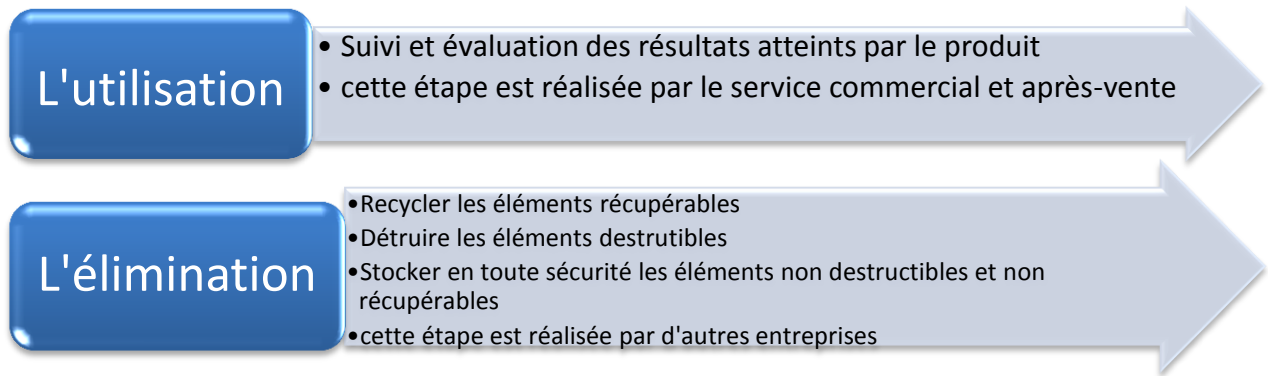
- Recherche des idées ;
- Filtrage ;
- Développement et test du concept ;
- Analyse économique ;
- Elaboration du produit ;
- Marché – test ;

- Et finalement, le lancement.

1.11 Cycle de vie d'un produit

Le graphique ci-dessous montre le cycle de vie d'un produit [13] ainsi les différentes étapes qui le composent.





Le cycle de vie d'un produit suit le processus décrit ci-dessus en débutant par l'analyse du besoin puis l'étude de la faisabilité, la conception, la définition, l'industrialisation, l'homologation, la production, la commercialisation, l'utilisation et se terminant par l'élimination.

1.12 Champ d'application

L'analyse fonctionnelle est une méthode appliquée dans n'importe quelle conception dans le but de répondre aux besoins de l'utilisateur et s'assurer de leurs faisabilités.

Exemple : domaine d'automobiles, domaines électroménager, domaine sportif, ...etc.

1.13 Quelques notions de base indispensables









	Les utilisateurs	– Expriment le besoin – Utilisent le produit	Compétents Pragmatiques
	Le représentant des utilisateurs	– S'exprime au nom des utilisateurs – Est lui-même utilisateur	Impartial Reconnu
	L'analyste	– Recueille le besoin – Formalise le besoin – Fait valider la formalisation	Méticuleux Exhaustif
	L'animateur	– Anime les groupes de travail – Fait émerger les idées – Fédère les acteurs de l'étude	Ouvert Communicant
	L'expert fonctionnel	– Traduit le besoin en fonctions – Aide à qualifier les fonctions – Modélise les fonctions	Distancié Concret
	L'expert technique	– Aide à faire des arbitrages techniques – Conseille sur les techniques possibles	Ouvert Pragmatique
	Le rédacteur	– Rédige le cahier des charges – Fait valider le cahier des charges	Exigeant Pugnace
	Le décideur	– Choisit parmi les solutions – Fait des arbitrages entre les acteurs	Leader Objectif

Tableau 1.1 : Quelques notions de base indispensables dans l'analyse fonctionnelle [4].

1.14 Qualité d'un produit

La qualité est l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit qui lui donne l'aptitude à satisfaire un besoin [14], Elle dépend :

- Du nombre de fonctions assurées (fonctions d'usage et d'estime) ;
- De la conformité de ces fonctions par rapport à la demande du client ;
- De la sûreté de fonctionnement ; en effet un produit doit assurer ses fonctions tout en respectant les normes de sécurité pour les biens et les personnes ;

- Du délai nécessaire pour réaliser le produit sans retard ;
- Du coût de revient ; en effet, le coût de revient d'un produit dépend de plusieurs phases qu'il maîtrise et rationaliser : coût d'étude, coût de fabrication, coût de commercialisation, etc.

1.15 Exercices

Exercice 1_1 : Un téléphone portable avec une caméra

Je suis un journaliste et je travaille pour un journal de bonne réputation d'où l'obligation de faire un bon job avec des belles photos.

I-Saisir le besoin :

1- Posséder vous un téléphone portable avec une caméra ?

2- l'exploitation du produit est-elle (cocher la bonne réponse):

- a- Momentanément
- b- Journalière.....
- c- Mensuelle.....

3- Vous l'avez acheté pour un objectif principal :

- a- Contacter les gens
- b- Faire des belles photos
- c- Utiliser les réseaux sociaux
- d- Pour les objectifs cités ci-dessus

4- Quelles qualités recherchez-vous ?

a-.....

b-

c-

II- **Enoncer le besoin** : Il s'agit d'exprimer avec précision le but et les limites de l'étude en posant les trois questions suivantes :

- A qui (A quoi) rend service ?

.....

- Sur qui (sur quoi) agit-il ?

.....

- Dans quel but ?

.....

III- **Valider le besoin** : Les trois questions suivantes permettent de valider ce besoin :

- Pourquoi ce besoin existe-t-il ?

.....

- Qu'est ce qui pourrait faire disparaître ce besoin ?

.....

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

.....

Conclusion : le besoin est(Validé – non validé).

Exercice 1_2 : Un aspirateur



Figure 1.5 : L'aspirateur Dyson V7 Fluffy.

1. Saisir le besoin

Dans nos maisons, on possède des tapis et au fur et à mesure avec le temps, on s'aperçoit que les tapis se couvrent d'une couche de poussière qui devient gênante et qu'il fallait s'en débarrasser. D'où la nécessité de se procurer un aspirateur pour enlever définitivement cette poussière.

- Possédons-nous un aspirateur ?
- Combien de tapis à nettoyer ?
- L'état de la poussière : est-elle épaisse ou légère ?
- Quel aspirateur convient à notre besoin (puissance) ?
- L'aspirateur est-il avec ou sans sac ?
- Pourquoi choisir un aspirateur balai ?
- Un aspirateur balai pour quel usage ?
- Comment est-elle son autonomie ?

2. Énoncer le besoin

Cette phase est déterminante car elle exprime avec précision les objectifs de l'étude qui vont répondre aux questions suivantes :

- A qui (A quoi) rend service ?
- Sur qui (sur quoi) agit-il ?
- Pour quel but ?

3. Valider le besoin

Pour la validation du besoin, il nous faut répondre aux questions suivantes:

- Pourquoi le besoin existe-t-il ?
- Qu'est-ce qui pourrait le faire évoluer ?
- Qu'est ce qui pourrait le faire disparaître ?

Suite à l'importance de l'analyse fonctionnelle pour la bonne description des besoins (attentes) du client et sa satisfaction. Nous avons voulu dans ce chapitre donner quelques notions ou définitions que nous jugeons indispensables pour la bonne compréhension lecteur. La majorité de ces notions ont été suivi par des exemples pourvue que le lecteur ou l'étudiant puisse les biens saisir.

Références bibliographiques

[1] P. Severin, Analyse fonctionnelle, Biotechnologies Santé Environnement, Lycée des métiers de l'hôtellerie et du tourisme de Toulouse, 2009.

[2] Gérard Baillarguet, Analyse fonctionnelle cours, Université d'Orleans, IUT d'Orleans, Département Génie Mécanique et Productique.

http://public.iutenligne.net/conception-mecanique/baillarguet/analyse_fonctionnelle/AF-prof.pdf).

- [3] Jean – Marie Virely et all, analyse fonctionnelle, ENS Cachan, France, 2004.
- [4] Hugues Marchat, La gestion de projet par étapes : analyse des besoins, 1re étape, Deuxième édition, Eyrolles, 2008. ISBN : 978-2-212-54144-1
- [5] Al Andaloussi Mouna, Le processus de lancement d'un nouveau produit, Marketing Stratégique, ISCAE, 4ème Année Cycle Normal, Année universitaire : 2009-2010, Casablanca, Maroc.
- [6] Eric Thouvenin, Modélisation des processus de conception de produits et développement de la capacité d'innovation : application au cas des PME-PMI, L'école nationale supérieure d'arts et métiers, thèse de doctorat, Paris, France, 2002.
- [7] Alain Pouget, Thierry Berthomieu , Yves Boutron, Emmanuel Cuenot, « Structures et mécanismes - Activités de construction mécanique », Ed. Hachette Technique.
- [8] Yousef Haik, Tamer Shahin, "Engineering Design Process", Ed. Engage Learning, 2011.
- [9] Ken Hurst, "Engineering Design Principles", Ed. Elsevier Science and Technology Books, 1999.
- [10] James Armstrong, "Design Matter -The Organisation and Principles of Engineering Design-", Ed. Springer -Verlag London Limited, 2008.
- [11] Delafollie G., "Analyse de la valeur", Ed. Hachette, Paris, 1991.
- [12] Duchamp F., "La conception de produits nouveaux", Ed. Hermès, Paris, 1998.
- [13] Thierry Blanquet, Analyse fonctionnelle, Classe de 3eme technologie, <http://ekldata.com/Gu3tGUiKFG8-sdVkrFauq4wPnSg.pdf> (consulter le 20-05-2019).
- [14] M. Semmaa, Module 1 : L'Analyse Fonctionnelle, Lycée Ibno yassamine <http://mustapha-semma.e-monsite.com/medias/files/cour-1.pdf> (consulter le 20-05-2019)

Chapitre 2 : Fonctions

2.1 Définitions

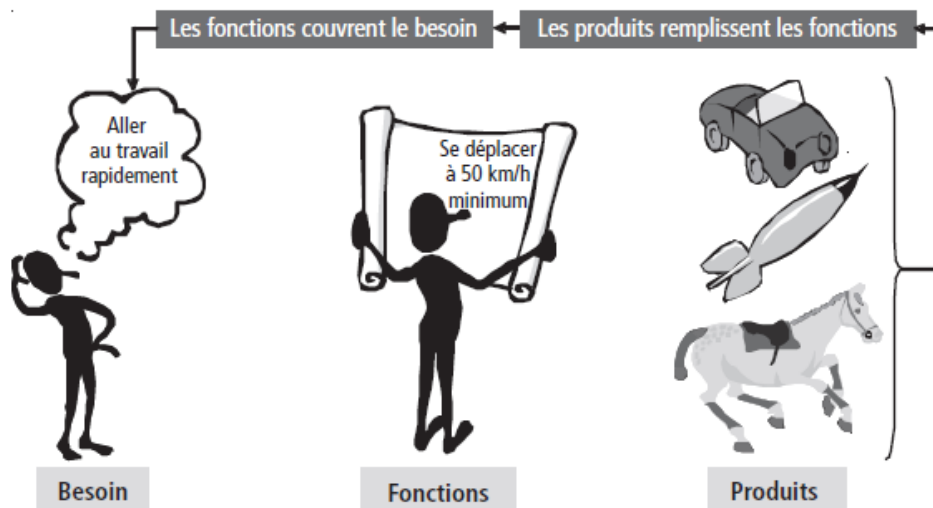


Figure 2.1 : Les relations existantes entre besoin- fonctions- produits [1].

Une fonction ce sont les actions d'un produit ou les choses qui peuvent être exploité par l'utilisation de ce produit (fonction d'usage de produit).

Exemple 1: La montre électronique parlante possède les fonctions suivantes :

- Indication de l'heure au cours du jour ;
- Indication de l'heure au cours de la nuit ;
- Réveille réglable ;
- Multitudes de sonneries ;
- Mode d'affichage de l'heure (avec aiguilles ou numériques).

Exemple 2: Le stylo multicolore équipé d'une montre possède les fonctions suivantes :

- Ecrire avec multitude de couleurs ;
- Connaitre l'heure à tout instant.

Exemple 3: Le tournevis électrique possède les fonctions suivantes :

- Le vissage des vis ;
- Le dévissage des vis ;
- Le perçage des petits trous.

2.2 Formulation des fonctions

L'analyse fonctionnelle du besoin est primordiale pour une bonne formulation du besoin exprimé par l'utilisateur. Cette phase montre l'importance de l'existence du produit et les tâches qui peuvent être réalisées. Dans cette formulation, on a recours à quantifier ses fonctions et faire la distinction entre eux suivant leurs natures. On distingue plusieurs types de fonctions qui vont être détaillé ci-dessous:

- Fonction principale de service ;
- Fonction complémentaire ;
- Fonction contrainte ;
- Fonction technique.

2.3 Fonctions principales de service (FP)

Les fonctions principales de service (FP) : ce sont les fonctions (les différentes manières d'exploitation du produit ou fonctions d'usage du produit) qui entre en jeu dans l'existence du

produit par l'établissement des relations entre au moins deux éléments du milieu environnant par l'intermédiaire du produit conçu.

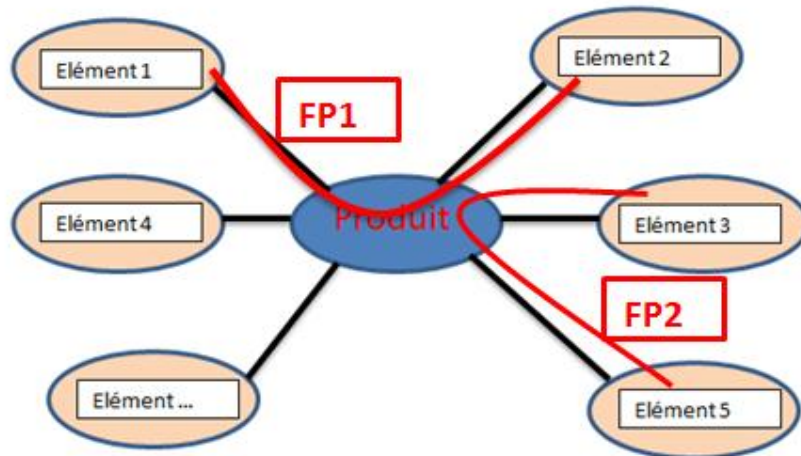


Figure 2.2 : Exemple de graphe d'interaction.

Exemple 1: La montre électronique parlante possède les fonctions principales suivantes :

- **FP1 :** Indication de l'heure au cours du jour ;
- **FP2 :** Indication de l'heure au cours de la nuit ;
- **FP3 :** Réveille réglable.

Exemple 2: Le stylo multicolore équipé d'une montre possède les fonctions principales suivantes :

- **FP1 :** Ecrire avec multitude de couleurs ;

Exemple 3: Le tournevis électrique possède les fonctions suivantes :

- **FP1 :** Le vissage des vis ;
- **FP1 :** Le dévissage des vis ;

2.4 Fonctions complémentaires (FCP)

Les fonctions complémentaires (ou appelées encore fonctions secondaires) sont éléments du milieu environnant ont pour but seulement d'améliorer les performances du produit en apportant à l'utilisateur plus de confort et de simplicité à l'utilisation du produit, élève le niveau de sécurité dans l'exploitation du produit, contribue à la facilité d'entretien du produit, améliore le côté esthétique du produit ... etc.

Exemple 1: La montre électronique parlante possède les fonctions complémentaires suivantes :

- **FCP1 :** Multitudes de sonneries ;
- **FCP2 :** Mode d'affichage de l'heure (avec aiguilles ou numériques) ;
- **FCP3 :** Couleurs ;
- **FCP4 :** Matière ;
- **FCP5 :** Légèreté ;
- **FCP6 :** Côté esthétique.

Exemple 2: Le stylo multicolore équipé d'une montre possède les fonctions suivantes :

- **FCP1 :** Ecrire avec multitude de couleurs ;
- **FCP2 :** Connaitre l'heure à tout instant.

Exemple 3: Le tournevis électrique possède les fonctions suivantes :

- **FCP1 :** La rapidité d'exécution de l'opération du vissage et de dévissage des vis ;
- **FCP2 :** La possibilité d'exécution des perçages des petits trous.

2.5 Fonction contrainte

Ce sont les fonctions qui obligent le concepteur à les concrétiser lors dans la conception du produit demandé.

Exemple 1: La montre électronique parlante possède les fonctions contraintes suivantes :

- **FC1 :** La simplicité dans le réglage de l'heure et sonnerie ;
- **FC2 :** Non couteuse (prix compétitif) ;
- **FC3 :** La lecture de l'heure et la date doit être sans ambiguïté (chiffre et lettre doivent être grands).

Exemple 2: Le stylo multicolore équipé d'une montre possède les fonctions contraintes suivantes :

- **FC1 :** Trait fin et foncé pour tous les couleurs ;
- **FC2 :** Côté esthétique.
- **FC3 :** Couleur extérieure attractive.

2.6 Fonction technique

C'est une action interne qui se déroule à l'intérieure du produit dont le but d'assurer les fonctions de service (exemples : la transmission du mouvement, refroidissement du système (lubrification), assurer la non perte des fluides (étanchéité)).

2.7 Exercices

Exercice 2_1 : Une imprimante de couleur.



Figure 2.3 : Imprimante de couleur.

Parmi les éléments suivants, indiquez les fonctions correspondantes en mettant une étoile dans la case appropriée ?

Énergie électrique, Ordinateur, Voyant lumineux, Informations sur papier, Peindre le papier, Imprimer les informations, Message, Commande, Colorier les images, Modifier les informations, Informations sur écran et bruit.

	Fonction Principale (FP)	Fonction Complémentaire (FCP)	Fonction Contrainte (FC)	Fonction Technique
Energie électrique				
Ordinateur				
Voyant lumineux				
Informations sur papier				
Peindre le papier				
Imprimer les informations				
Message				
Commande				
Colorier les images				
Modifier les informations				
Informations sur écran				
Bruit				

Tableau 2.1 : Les fonctions principales.

Exercice 2_2 : L'appareil sèche-cheveux

Citez les fonctions principales et les fonctions complémentaires pour l'appareil sèche-cheveux ?

Les fonctions principales (FP) sont :

-
-
-
-

Les fonctions complémentaires sont :

-
-
-
-
-
-
-
-

Références bibliographiques

[1] HuguesMarchat, La gestion de projet par étapes : analyse des besoins, 1^{re} étape, Deuxième édition, Eyrolles, 2008. ISBN : 978-2-212-54144-1

Chapitre 3 : Démarche de l'analyse fonctionnelle

Cette démarche d'analyse fonctionnelle consiste à déterminer d'une manière si claire que possible les points suivants :

- **Rechercher** : c'est la détermination et identification des fonctions du produit (expression du besoin);
- **Ordonner** : c'est la distinction entre les différentes fonctions ;
- **Caractériser** : énoncer les critères d'appréciation de ces fonctions ;
- **Hiérarchiser** : évaluer l'ordre d'importance des fonctions retenues ;
- **Valoriser** : donner une valeur à chaque fonction.

3.1 Expression du besoin

L'expression fonctionnelle du besoin est le résultat d'une analyse fonctionnelle. Elle constitue l'essentiel du CdCF. Elle est nécessaire à la bonne compréhension par le concepteur- réalisateur de ce qui est souhaité par le demandeur.

L'étude préalable consiste à dégrossir le besoin exprimé, à le formaliser de manière synthétique de façon à ce que chacun sache ce que sont le sujet de l'étude et son périmètre. On peut aussi réaliser dans cette étude préalable faire un tour d'horizon des «solutions» pour remplir le besoin. Ces solutions peuvent être les solutions du marché, ou des solutions spécifiques apportées par un prestataire externe et interne.

Cette étude permettra d'écarter a priori soit des solutions en décalage avec le besoin général, soit des solutions qui ne correspondent pas aux contraintes de l'entreprise en matière de planning, de budget, de sécurité [1].

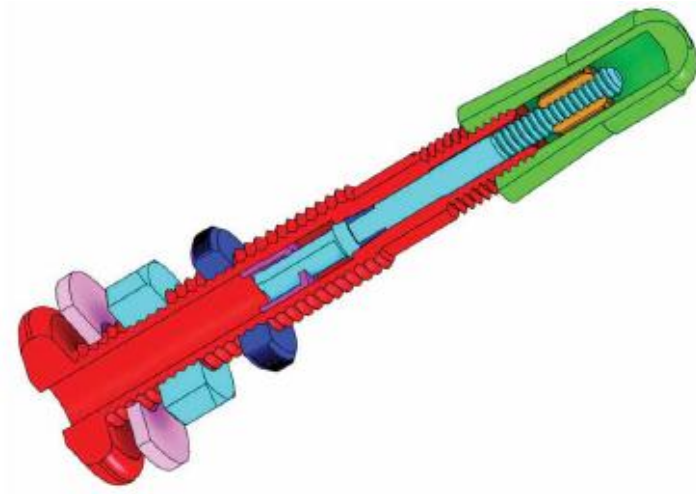


Figure 3.1 : Vue en perspective d'une valve [1].

3.2 Recensement des fonctions de service

Une fois le besoin est validé, il faut essayer d'exprimer toutes les fonctions que l'utilisateur attend du produit. C'est-à-dire le service à rendre pour le satisfaire. On trouve :

- ❖ Des fonctions principales qui sont la raison d'être du produit.
- ❖ Des fonctions complémentaires: toute fonction autre que principale est une fonction complémentaire.

Fonction de service	Expression des fonctions de service
FP1	Permettre le gonflage
FP2	Permettre le dégonflage.
FC1	Résister au milieu extérieur.
FC2	S'adapter à la jante.
FC3	S'adapter à la chambre à air.

Tableau 3.1 : Fonctions de services et leurs expressions.

Le recensement nécessite la définition d'une frontière entre le produit et son milieu environnant. Pour déterminer les fonctions de service, il faut établir les relations existantes entre le produit et son environnement. On peut, dans ce cas, utiliser l'outil «diagramme d'interaction» comme suit :

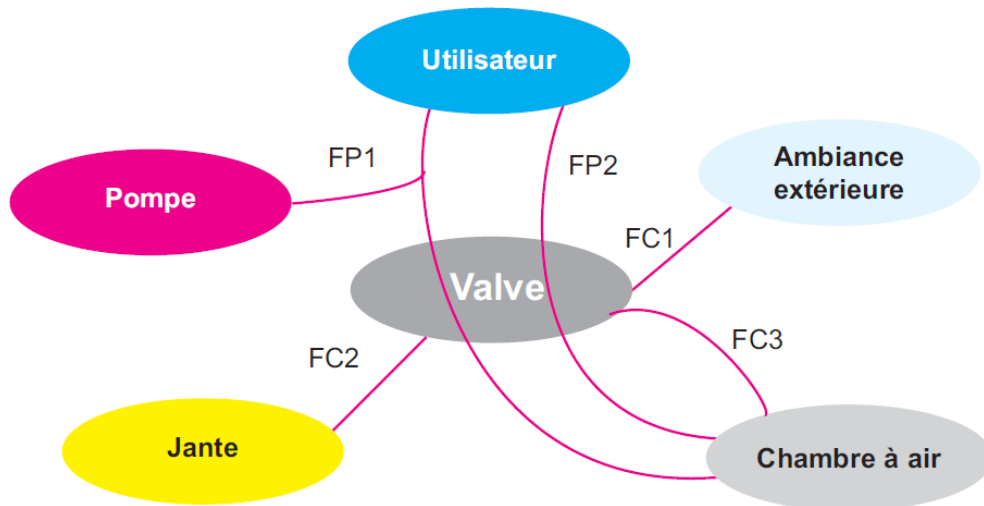


Figure 3.2 : Diagramme d'interaction de la valve avec son environnement [2].

3.3 Les contraintes

Les contraintes sont des limitations impératives à la liberté de choix du concepteur réalisateur d'un produit. Ces contraintes sont imposées par le demandeur.

On cite par exemple :

- Sécurité;
- Respect de l'environnement;
- Délai pour l'étude;
- Interchangeabilité;

- Respect des normes.

Fonction de service	Critères d'appréciations	Niveau - flexibilité
FP1	Etanchéité, Rapidité	Pas de fuite tolérée Moins de 4 mn
FP2	Débit important	
FC1	Solidité, Corrosion	Petits chocs Pas de corrosion tolérée
FC2	Montage rapide, Pas de sortie intempestive en l'absence de pression	Moins de 10 sec.
FC3	Etanchéité, pas de sortie intempestive en l'absence de pression	Pression 0,5 bars max

Tableau 3.2 : Tableau récapitulatif sur les fonctions de service, critères d'appréciations et les niveaux & flexibilités [2].

3.4 Hiérarchisation des fonctions de service

Cette opération consiste à classer les fonctions de service selon leurs importances relatives aux yeux de l'utilisateur. Elle servira de référence pour l'étude des coûts par fonction.

Marche à suivre est la suivante:

a - Comparer et pondérer les fonctions de service

L'outil suivant appelé TRI CROISE permet de comparer les fonctions de service une à une et d'attribuer à chaque fois une note de supériorité allant de 0 à 3.

	FP2	FC1	FC2	FC3	Points	%
FP1	FP1 / 1	FP1 / 3	FP1 / 3	FP1 / 3	10	46
	FP2	FP2 / 2	FP2 / 2	FP2 / 2	6	27
		FC1	FC1 / 2	FC1 / 2	4	18
			FC2	FC3 / 2	0	0
				FC3	2	9
				TOTAL	22	100

0 : Pas de supériorité
1 : Légèrement supérieur
2 : Moyennement supérieur
3 : Nettement supérieur

Tableau 3.3 : Comparaison et pondérations des fonctions de services.

b - Etablissez l'histogramme des fonctions de service ?

Il consiste à tracer un diagramme représentant en pourcentage les notes attribuées à chaque fonction par ordre décroissant. L'histogramme permet de faire apparaître les fonctions de service par ordre d'importance souhaitées par l'utilisateur.

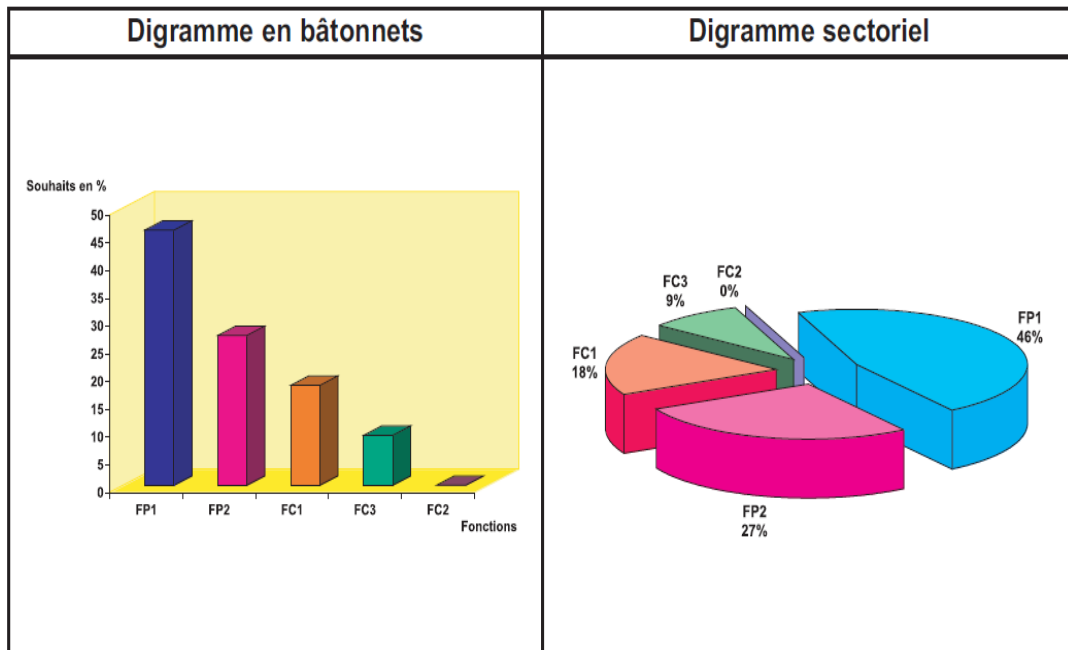


Figure 3.3 : Diagramme en bâtonnets et sectoriel des fonctions de service.

c – Classez les fonctions de service par ordre d'importance ?

Fonction service	Critères d'appréciations	Niveau flexibilité
FP1	Etanchéité, Rapidité	Pas de fuite tolérée Moins de 4 mn
FP2	Débit important	
FC1	Solidité, Corrosion	Petits chocs Pas de corrosion tolérée
FC3	Etanchéité, pas de sortie intempestive en l'absence de pression	Pression 0,5 bars max
FC2	Montage rapide, Pas de sortie intempestive en l'absence de pression	Moins de 10 sec.

Tableau 3.4 : Classement des fonctions de service par ordre d'importance.

3.5 Applications

Exercice 3_1 : La tondeuse à gazon



Figure 3.4 : La tondeuse à gazon [2].

La tondeuse à gazon doit permettre à l'utilisateur de diminuer la hauteur de l'herbe. C'est un appareil nécessaire pour remplacer le travail manuel. Sur le marché, nous trouvons plusieurs types de tondeuse à gazon. Le produit à concevoir doit être concurrentiel (prix, robustesse,) pour remporter le marché. Son espérance de vie est assez grande car on trouve de plus en plus de terrains gazonnés (terrains de golf, jardins.....).

1- Recensez les fonctions de service de la tondeuse à gazon et établissez son diagramme d'interaction avec son environnement?



Figure 3.5 : Diagramme d'interaction de la tondeuse à gazon avec son environnement.

2- Etablir la formulation et la caractérisation des fonctions de service citées ci-dessus ?

F.S	Expression	Critères d'appréciations	Niveaux Flexibilité

Tableau 3.5 : Formulation et la caractérisation des fonctions de service.

3- Hiérarchisez les fonctions de service de la tondeuse et tracez l’histogramme des souhaits ?



Figure 3.6 : Histogramme des souhaits.

Références bibliographiques

[1] Hugues Marchat, La gestion de projet par étapes analyse des besoins, 1^{re} étape, Deuxième édition, © Groupe Eyrolles, 2006, 2008, ISBN : 978-2-212-54144-1.

[2] Abdellatif Ben Hamadou, Ridha Bouhaha, Amor Ben Messaoud, Maher Abdennadher Moktar Shili H-C, Génie Mécanique, 3ème année de l'enseignement secondaire Sciences Techniques, TECHNOLOGIE, Manuel de cours, Centre National Pédagogique, Tunisie

Chapitre 4 : Le cahier des charges fonctionnel (CDCF)

4.1 Définition

Le Cahier des Charges Fonctionnel (CDCF) d'un projet est un document par lequel la maîtrise d'ouvrage exprime son besoin pour le projet. Ce besoin doit être formulé en termes de fonctions que le futur utilisateur aura à accomplir, ou que le système devra accomplir pour lui [1].

Le CDCF permet en outre :

- de provoquer chez le concepteur /réalisateur (prestataire) la conception et la réalisation du produit le plus efficient,
- de faciliter le dépouillement des propositions des prestataires,
- de favoriser le dialogue entre les partenaires.

Définition AFNOR : Document par lequel le demandeur exprime son besoin (ou celui qu'il est chargé de traduire) en terme de fonctions de services et de contraintes. Pour chacune d'elles sont définis des critères d'appréciation et leurs niveaux.

Chacun de ces niveaux doit être assorti d'une flexibilité.

Le CDCF doit être rédigé indépendamment des concepts de solutions envisageables afin de laisser le plus grand éventail de concepts de solutions possibles. Le CDCF doit permettre au maximum l'expression du besoin dans les termes des différents utilisateurs selon les phases de l'état vivant du produit [1].

4.2 Méthodologie [1]

Le cahier des charges fonctionnel relate les besoins exactes des utilisateurs. Pour ce faire, des entretiens sont menés et un groupe de travail est constitué.

Le Cahier des Charges Fonctionnel est la conclusion des travaux d'analyse de la valeur et d'analyse fonctionnelle qui symbolisent la démarche d'expression du besoin :

Orienter l'étude : Du général au spécifique. Le premier point de la démarche va donc consister à regarder le projet d'un œil extérieur, à prendre du recul, à se poser les bonnes questions :

- **Rechercher l'information** : La recherche de l'information doit être canalisée et formalisée. C'est un processus constant tout au long du projet qui doit être mené rigoureusement dès le début du projet afin d'appréhender plus précisément les caractéristiques essentielles du besoin. Un excellent moyen de chercher l'information la plus pertinente et de la vérifier en même temps est de constituer un groupe de travail.
- **Traduire le besoin en fonctions** : Le passage du besoin en fonction s'effectue au travers de l'analyse fonctionnelle qui recense, caractérise, ordonne, hiérarchise et valorise les fonctions.
- **Formaliser les travaux** : Cette formalisation consiste à développer le Cahier des Charges Fonctionnel. Il reprendra les conclusions de l'analyse fonctionnelle
- **Contrôler le CDCF Besoin** : Le contrôle du document est très important. En effet, on remarque que cette étape n'est généralement pas effectuée de façon optimale alors qu'elle est un frein aux dysfonctionnements qui peuvent apparaître beaucoup plus tard dans le projet.
- **Valider le CDCF Besoin** : Il s'agit de s'assurer que le passage du besoin exprimé au besoin fonctionnel est conforme aux objectifs visés. C'est un travail qui peut s'avérer fastidieux et risqué si le volume d'information est important. L'objectif est donc ici de rendre efficace la validation en réduisant son domaine d'action et tout en conservant sa représentativité.
- **Analyse de valeur [3]**: L'analyse de la valeur repose sur l'analyse fonctionnelle mais s'appuie aussi sur les solutions à apporter au problème et leurs coûts, pour les évaluer.

Enfin, le choix des critères d'évaluation des solutions et des niveaux qu'ils doivent atteindre doit être opéré. De par sa nature contractuelle, et pour prévenir des dysfonctionnements futurs, il est très

important que chacune des parties participe activement à la rédaction du cahier des charges fonctionnel.

4.3 Application (Tondeuse à gazon)

- **Expression, critères d'appréciations et niveau & flexibilité pour chaque fonction de service [2]**

F.S	EXPRESSION	CRITERES D'APPRECIATIONS	NIVEAU FLEXIBILITE
FP1	Permettre à l'utilisateur de diminuer la hauteur de l'herbe	Hauteur Netteté de coupe	20 mm ± 5 mm Sans arrachement
FC5	Assurer la sécurité	Isolation Bruit	Norme 60 dB ± 6 dB
FC3	Fonctionner malgré les divers obstacles	Efforts Poids	3daN ± 10% 15 Kg +0 -10%
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
FC4	Résister à l'ambiance extérieure	La corrosion	Pas de corrosion tolérée
FC2	Plaire à l'œil	Couleur Forme	Choix en fonction de la sensibilité de l'utilisateur

Tableau 4.1 : Expression, critères d'appréciations et niveau & flexibilité pour chaque fonction de service [2]

4.4 Plan-type selon la norme AFNOR NF X50-151

Il existait une norme proposant un plan type de rédaction d'un cahier des charges, la norme AFNOR NF X50-1513 qui pouvait s'appliquer à tous les projets de développement industriels ou informatiques [4].

a. Présentation générale du problème

a.1 Projet

a.1.1 Finalités

a.1.2 Espérance de retour sur investissement

a.2 Contexte

a.2.1 Situation du projet par rapport aux autres projets de l'entreprise

a.2.2 Études déjà effectuées

a.2.3 Études menées sur des sujets voisins

a.2.4 Suites prévues

a.2.5 Nature des prestations demandées

a.2.6 Parties concernées par le déroulement du projet et ses résultats (demandeurs, utilisateurs)

a.2.7 Caractère confidentiel s'il y a lieu

a.3 Énoncé du besoin (finalités du produit pour le futur utilisateur tel que prévu par le demandeur)

a.4 Environnement du produit recherché

a.4.1 Listes exhaustives des éléments (personnes, équipements, matières...) et contraintes (environnement)

a.4.2 Caractéristiques pour chaque élément de l'environnement.

b. Expression fonctionnelle du besoin

b.1 Fonctions de service et de contrainte

b.1.1 Fonctions de service principales (qui sont la raison d'être du produit)

b.1.2 Fonctions de service complémentaires (qui améliorent, facilitent ou complètent le service rendu)

b.1.3 Contraintes (limitations à la liberté du concepteur-réalisateur)

b.2 Critères d'appréciation (en soulignant ceux qui sont déterminants pour l'évaluation des réponses)

b.3 Niveaux des critères d'appréciation et ce qui les caractérise

b.3.1 Niveaux dont l'obtention est imposée

b.3.2 Niveaux souhaités mais révisables

c. Cadre de réponse

c.1 Pour chaque fonction

c.1.1 Solution proposée

c.1.2 Niveau atteint pour chaque critère d'appréciation de cette fonction et modalités de contrôle

c.1.3 Part du prix attribué à chaque fonction

c.2 Pour l'ensemble du produit

c.2.1 Prix de la réalisation de la version de base

c.2.2 Options et variantes proposées non retenues au cahier des charges

c.2.3 Mesures prises pour respecter les contraintes et leurs conséquences économiques

c.2.4 Outils d'installation, de maintenance ... à prévoir

c.2.5 Décomposition en modules, sous-ensembles

c.2.6 Prévisions de fiabilité

c.2.7 Perspectives d'évolution technologique

Références bibliographiques

[1] P. Severin, Analyse fonctionnelle, Lycée des métiers de l'hôtellerie et du tourisme de Toulouse
Biotechnologies Santé Environnement.

[2] Abdellatif Ben Hamadou, Ridha Bouhaha, Amor Ben Messaoud, Maher Abdennadher Moktar
Shili H-C, Génie Mécanique, 3ème année de l'enseignement secondaire Sciences Techniques,
TECHNOLOGIE, Manuel de cours, Centre National Pédagogique, Tunisie

[3] Thibault Pairis, Gérez vos projets : les clés pour réussir étape par étape, Saint-Herblain, ENI,
2018, 318 p. (ISBN 978-2-409-01238-9), p. 188-191.

[4] https://fr.wikipedia.org/wiki/Cahier_des_charges_fonctionnel

Chapitre 5 : Application du premier outil de l'analyse fonctionnelle interne : F.A.S.T.

Exemple : Sécateur électrique PELLENC [1]

Pour réduire la fatigue de la main et du bras, la société PELLENC commercialise un sécateur électrique à commande électronique destinée aux viticulteurs afin de les assister lors de la taille de la vigne.

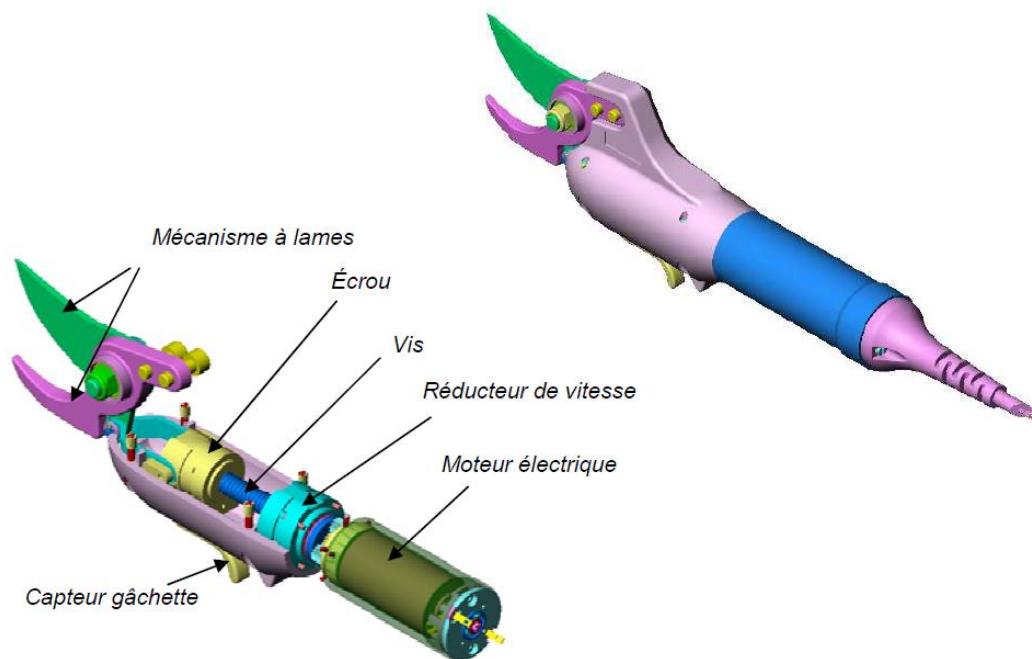


Figure 5.1 : Sécateur électrique PELLENC [1].

Sachant que :

- Ayant une capacité de coupe 20 mm de diamètre minimum ;

- Un effort de coupe de 1000 N avec une tolérance de $\pm 10\%$;
- Avec une cadence de 60 coupes par minute ;
- Plaire à l'œil ;
- Etre conforme à la norme (article R233-100) ;
- Assurance d'une autonomie de 8 heures de travail (minimum 7 heures) ;
- Masse en « mains » correct est de 8 kg (tolérance ± 50 g) et une longueur ne dépasse pas 320 mm ;
- Masse totale est 3.5 kg (± 200 g) ;
- Température d'utilisation entre $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$) ;
- Résister aux conditions extérieures (chute de 1 m et à l'humidité et à la poussière).



Figure 5.2 : Le taillage de la vigne par le sécateur électrique PELLENC.

a) **Dressez le diagramme des interactions des fonctions de service ?**

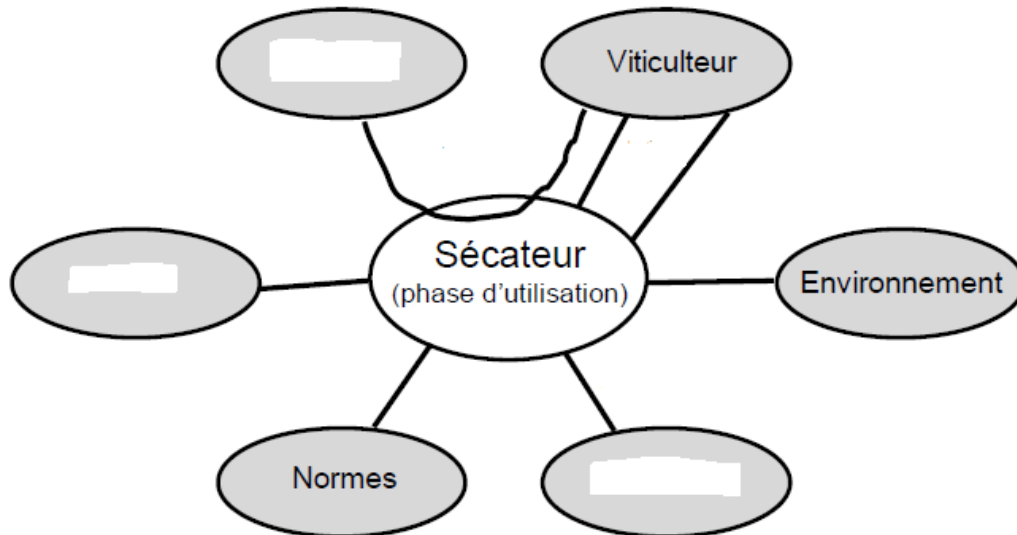


Figure 5.3 : le diagramme des interactions des fonctions de service.

b) **Travail demandé :**

1. Donnez les fonctions de services ?
2. Donnez les critères d'appréciations ?
3. Donnez les niveaux de flexibilité ?
4. Donnez le diagramme F.A.S.T. de la fonction de service principale FP1 du sécateur PELLENC ?

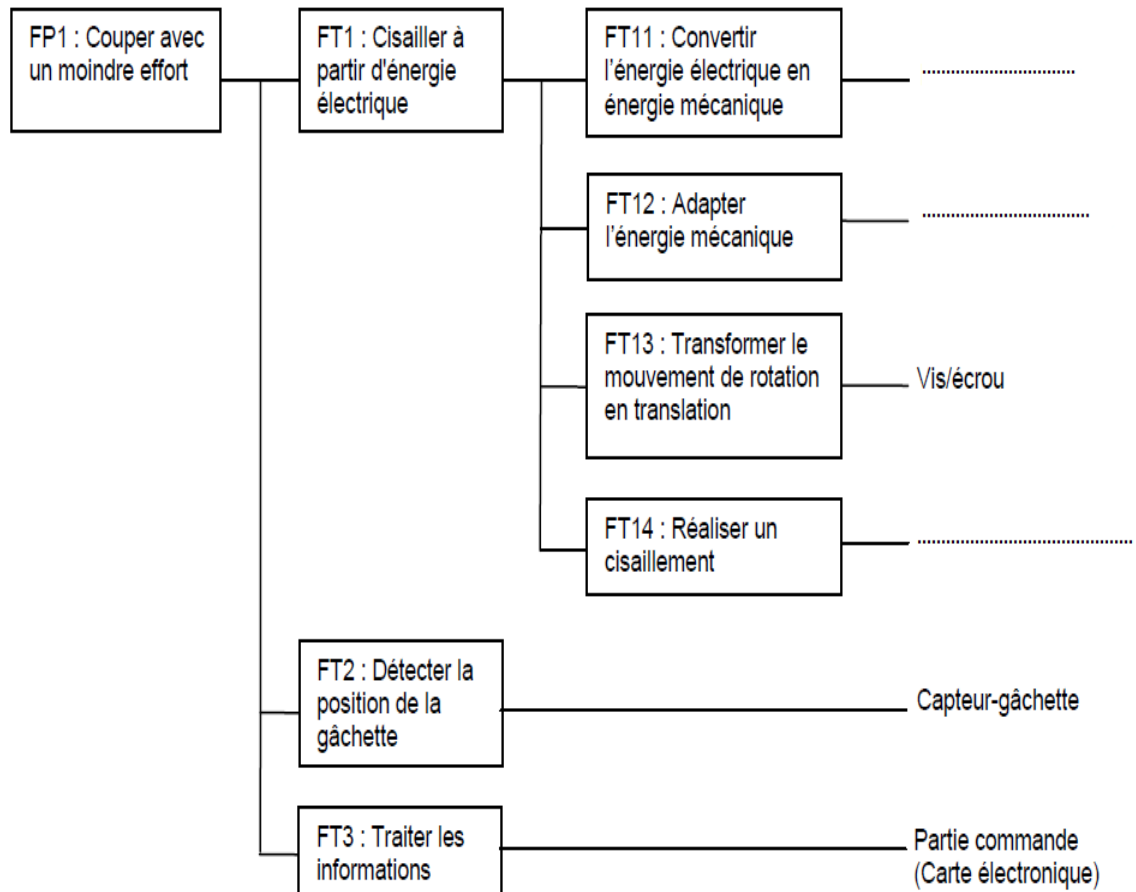


Figure 5.4. Diagramme FAST de la fonction de service principale FP1 du sécateur PELLENC.

Références bibliographiques

- [1] https://lefiabdellaoui.files.wordpress.com/2018/09/td_etude-de-systc3a8me.pdf

Chapitre 6 : Application à la chaîne cinématique d'une machine-outil

Exercice 6_1 : Perceuse sensitive [1]

- Présentation du système d'étude

La perceuse sensitive est une machine-outil servant à réaliser des opérations de perçage sur des pièces.

Elle se compose essentiellement d' :

- un moteur électrique;
- un système de transmission de mouvement;
- une colonne;
- une broche (portant l'outil);
- un système de maintien de pièce (étau).

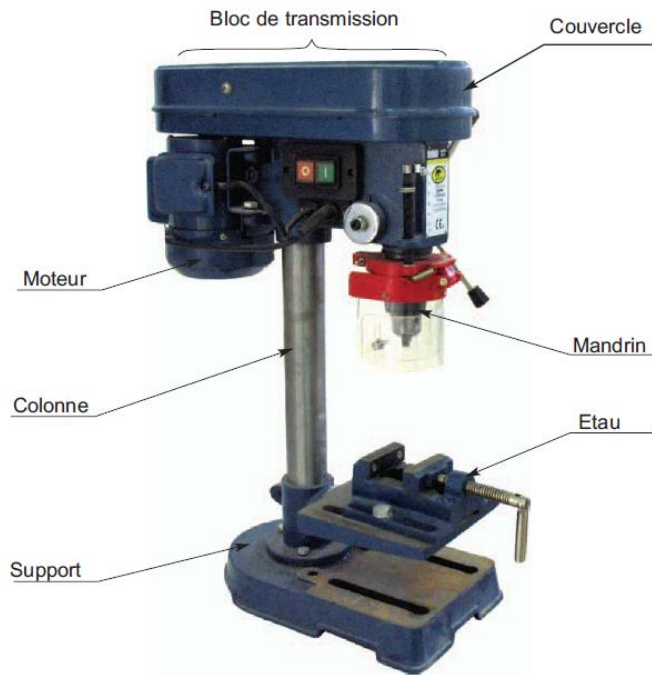


Figure 6.1 : Perceuse sensitive.

Les attentes de la conception de cette machine-outil sont :

- a. On prévoit 4 vitesses de la broche :
 - $N1 = 1950 \text{ trs/min} \pm 20$
 - $N2 = 1430 \text{ trs/min} \pm 10$
 - $N3 = 915 \text{ trs/min} \pm 10$
 - $N4 = 515 \text{ trs/min} \pm 10$
- b. La puissance à transmettre atteint 250 w.
- c. Avoir une course de translation de l'outil dans les deux sens égale à $80 \text{ mm} \pm 5$.
- d. La tension du secteur $U = 220 \text{ V} \pm 30\text{V}$.
- e. Et finalement, on veut que cette perceuse sensitive respecte l'environnement et plaire à l'œil.

Travail demandé :

1. Donnez les fonctions de services ?
2. Donnez les critères d'appréciations ?
3. Donnez les niveaux de flexibilité ?

Références bibliographiques

[1] SALHI Mohamed Zouhaïer, SLITI Ridha, BEN ACHOUR Nabil, BAKINI Noomen, NAÏFAR Nouredine, Génie Mécanique, 4ème année de l'enseignement secondaire, Sciences Techniques, TECHNOLOGIE, Manuel d'activités, Centre National Pédagogique, Tunisie.

Chapitre 7 : Application à la chaîne cinématique d'un moyen de levage

Exemple : La pompe à pied [1]



Figure 7.1 : La pompe à pied [1].

La pompe à pied figure ci-contre permet d'emmagasiner dans une enceinte fermée un fluide (air) sous une pression maximale de 6 bars.

L'analyse fonctionnelle externe a permis d'aboutir au diagramme des interactions suivant :

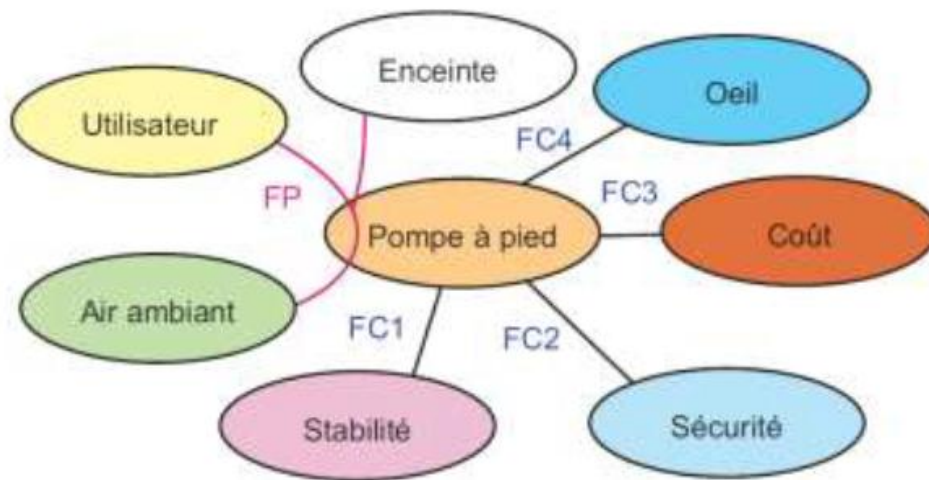


Figure 7.2 : Diagramme des interactions des fonctions de service [1].

Cahier des charges fonctionnel :

FS	Expressions	Critères	Niveaux-Flexibilité
FP	Permettre à l'utilisateur d'aspirer l'air ambiant et le refouler à une pression voulue dans une enceinte	- L'effort de l'utilisateur - Pression d'air - Durée de vie	- Effort mini - ≤ 6 bars - ≥ 10 ans \pm 5 ans
FC2	Ne pas présenter de danger pour l'utilisateur	- Sécurité	Respect des normes de sécurité
FC1	Être stable	- Centre de gravité - Surface d'appui	- Le plus bas possible - 3 points mini
FC3	Coût minimal	- Prix abordable	≤ 15 dinars
FC4	Plaire à l'œil	- Couleur - Forme	Choix en fonction de la sensibilité de l'utilisateur

Tableau 7.1 : Caractérisation et pondération des fonctions de service [1].

Diagramme F.A.S.T. relatif à la fonction FP:

le F.A.S.T. signifiant : **F**unction **A**nalysis **S**ystem **T**echnic, que l'on peut traduire par : Technique d'Analyse Fonctionnelle et Systématique. Il permet une recherche progressive et descendante des fonctions techniques pour chacune des fonctions de service.

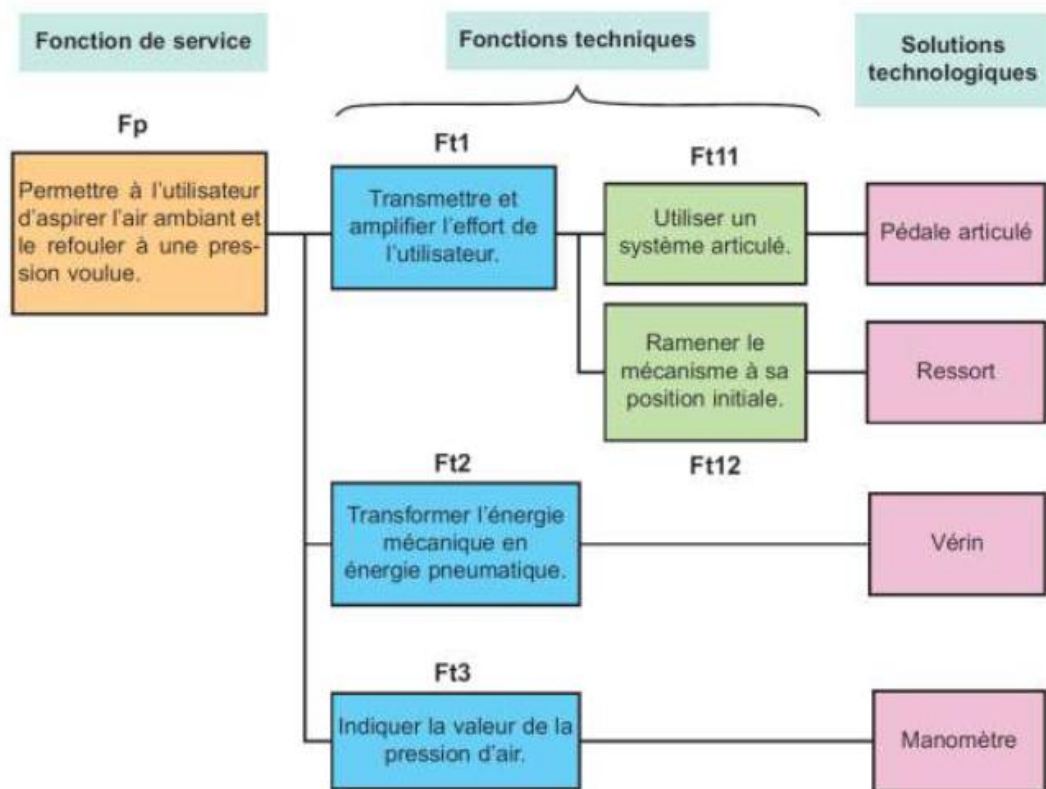


Figure 7.3 : Technique d'Analyse Fonctionnelle et Systématique (F.A.S.T.) pour FP [2].

Exercice 7_1 : Cric hydraulique [2]

Le cric hydraulique permet à l'utilisateur de soulever ou de déposer un véhicule.

Analyse fonctionnelle externe.

Expression du besoin.

Question 1 : En utilisant la représentation de diagramme d'interactions, montrez les fonctions de services ?

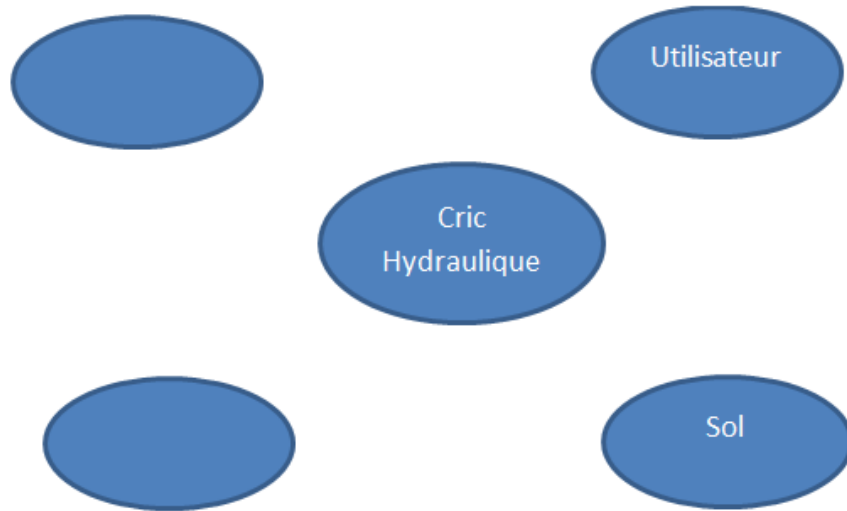


Figure 7.4 : Diagramme des interactions des fonctions de service.

FP1	
FP2	
FC1	Se positionner facilement sur le sol
FC2	
FC3	

Tableau 7.2 : Tableau des fonctions de service.

Question 2 : Citer deux critères d'appréciation, ainsi que leur niveau d'exigence et la flexibilité pour la fonction FP1 :

Fonction	Description	Critère d'appréciation	Niveau d'exigence	Flexibilité
FP1				

Tableau 7.3 : Tableau des fonctions de service avec leurs expressions, critères d'appréciations, niveaux d'exigence et flexibilité.

Analyse fonctionnelle interne.

Question 3 : Compléter les deux diagrammes FAST des deux fonctions suivantes :

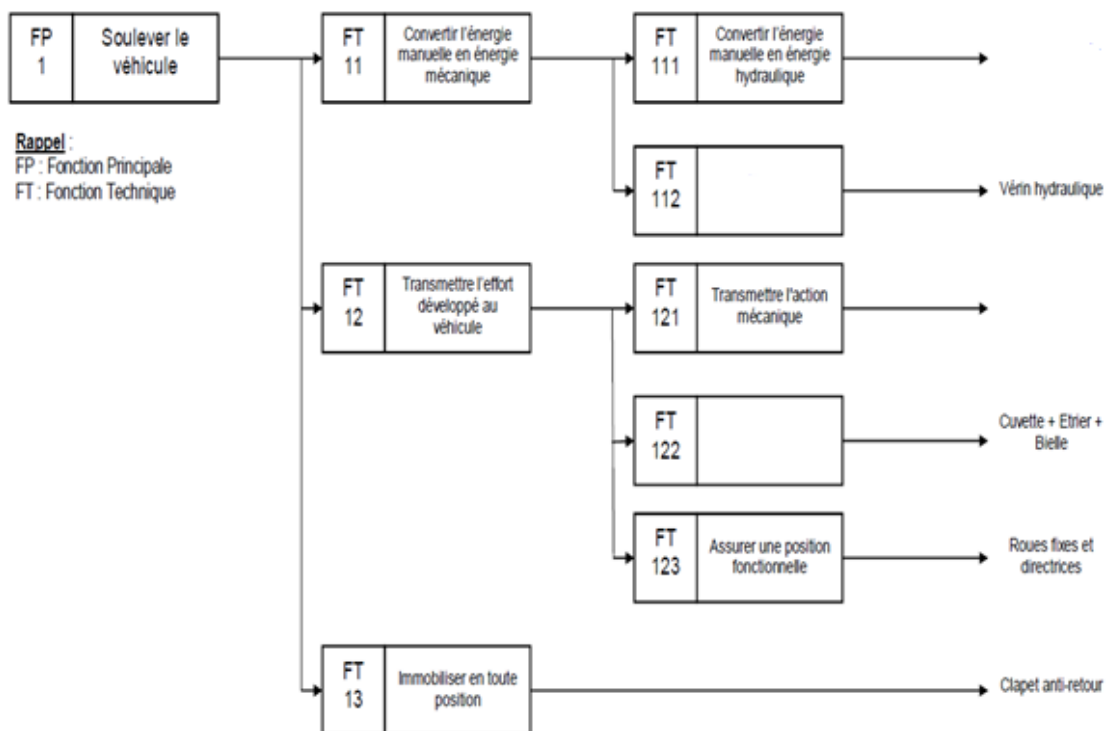


Figure 7.5 : Technique d'Analyse Fonctionnelle et Systématique (F.A.S.T.) pour FP1[2].

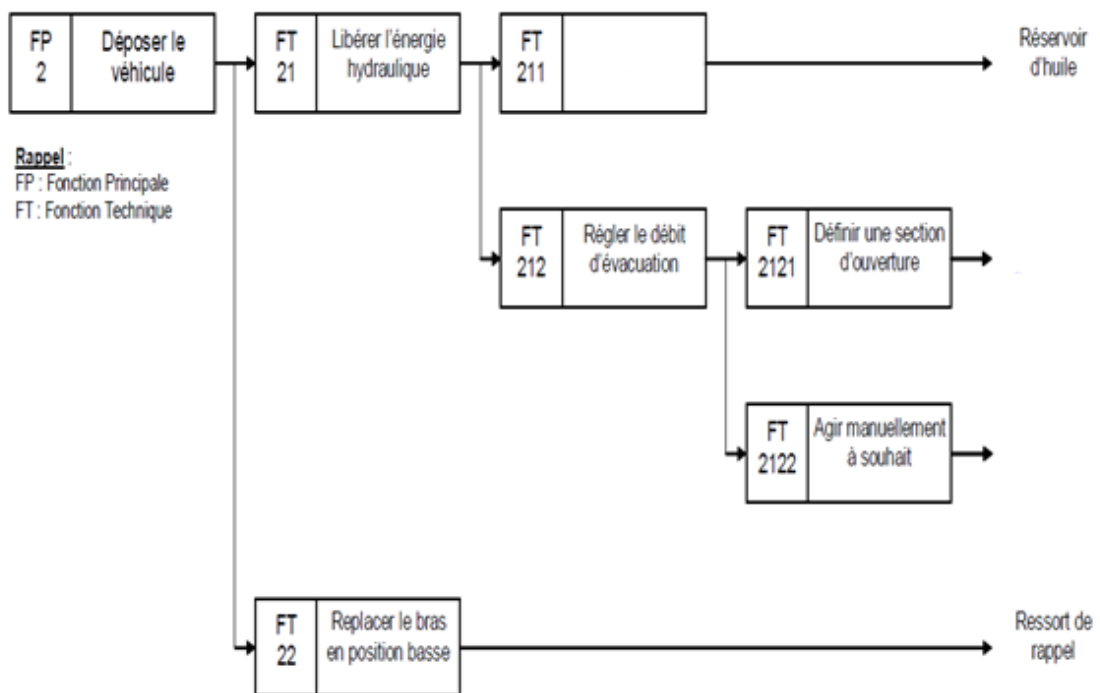


Figure 7.6 : Technique d'Analyse Fonctionnelle et Systématique (F.A.S.T.) pour FP2 [2].

Références bibliographiques

[1] https://lyceeduruy.fr/si/files/2010/09/Cours2_Description-fonctionnelle.pdf.

[2] S. Génouël, TD 01 corrigé - Analyse fonctionnelle, Sciences Industrielles pour l'Ingénieur, MPSI-PCSI, 2011.

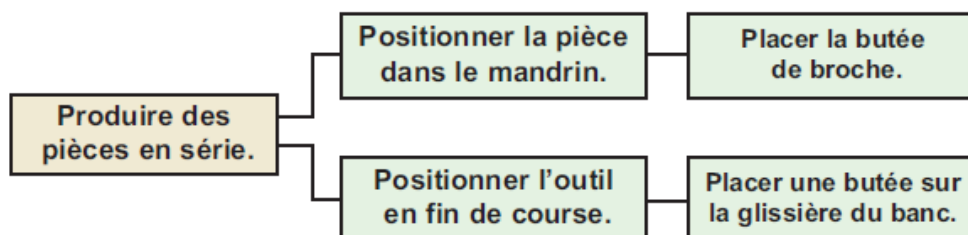
Chapitre 8 : Application à la conception complète d'un organe de machine

Exercice 8_1 : Butée de trainard [1]

- Principe du travail en série :

Pour produire des pièces en série sur le tour, en cherchant à optimiser le rapport QUALITÉ/ COÛT ; il faut : améliorer la qualité en limitant les risques d'erreurs dues aux manipulations des outils et des porte-outils et surtout à l'appréciation visuelle des contrôles. minimiser le coût par la réduction du temps de fabrication. Ceci conduit à utiliser en tournage (par exemple) des butées (de broche et de trainard) au moment de l'usinage des pièces [1].

- Analyse de la solution



- Mise en situation

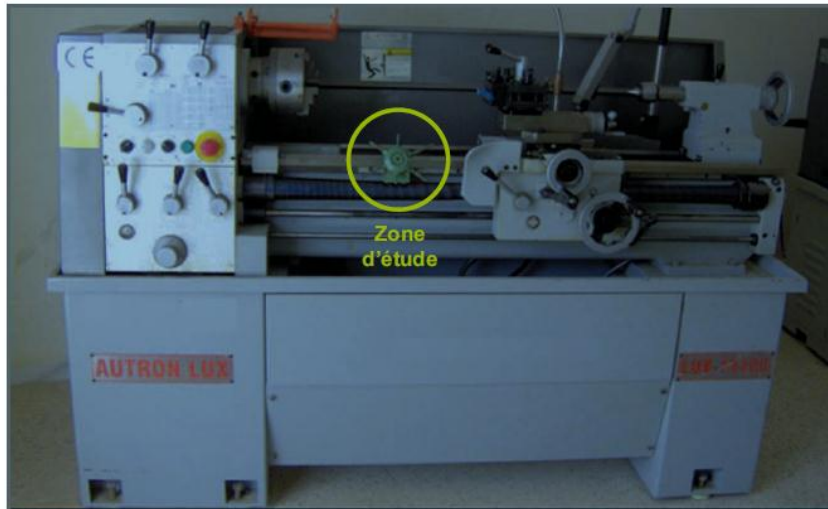


Figure 8.1 : L'emplacement de la butée de trainard réglable pour un tour parallèle [1].

Butée de traînard



Butée de traînard en 3D
(1/4 de coupe)

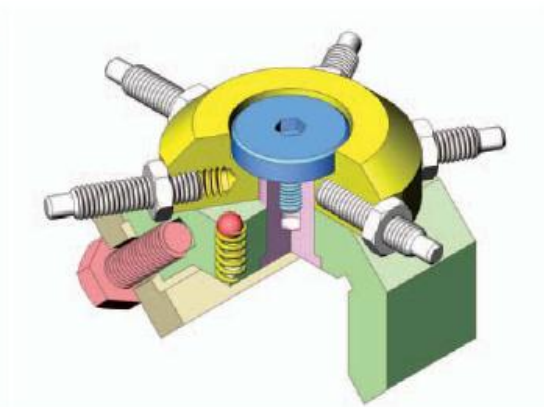


Figure 8.2 : Butée de trainard réglable d'un tour parallèle [1].

- Cahier des charges fonctionnel de la butée de traînard :

FS	Expressions	Critères	Niveaux-Flexibilité
FP1	Permettre à l'opérateur de faire un réglage.	- Précision - Temps d'exécution - Nombre de réglages	$\pm 0,01$ mm réduit 6 maxi
FP2	Transmettre au banc les actions mécaniques dues au trainard.	- Effort - Résistance des pièces	$100 \text{ N} \pm 20 \text{ N}$ Cœf. s = 3
FC1	Etre fixé sur le banc du tour.	- Adhérence - Pression de contact	$f = 0,2 \pm 0,05$ $2 \text{ N/mm}^2 \pm 0,5$
FC2	Arrêter le trainard dans une position désirée.	- Précision - Variation des cotes	$\pm 0,01$ $0 < L \leq 50$
FC3	Etre facilement manœuvrable.	- Sécurité - Manœuvre manuelle. - Rapidité	Normes Faible effort une ou deux opérations
FC4	Assurer le verrouillage en position.	Nombre de positions	6 positions effaçables
FC5	Résister à l'ambiance extérieure.	- Solidité (choix des matériaux) - Protection des surfaces	petits chocs peinture appropriée

Tableau 8.1 : Tableau des fonctions de service avec leurs expressions, critères d'appréciations, niveaux d'exigence et flexibilité [1].

Références bibliographiques

[1] SALHI Mohamed Zouhaïer, SLITI Ridha, BEN ACHOUR Nabil, BAKINI Noomen, NAÏFAR Noureddine, Génie Mécanique, 4ème année de l'enseignement secondaire, Sciences Techniques, TECHNOLOGIE, Manuel d'activités, Centre National Pédagogique, Tunisie.

Annexe A: Exercices résolus du chapitre 1

Exercice 1_1 : Un téléphone portable avec une caméra

Je suis un journaliste et je travaille pour un journal de bonne réputation d'où l'obligation de faire un bon job avec des belles photos.

I-Saisir le besoin :

1- Posséder vous un téléphone portable avec une caméra ?

Oui, j'en possède un de bonne qualité.

2- l'exploitation du produit est-elle (cocher la bonne réponse):

d- Momentanément

e- Journalière.....

f- Mensuelle.....

3- Vous l'avez acheté pour un objectif principal :

e- Contacter les gens

f- Faire des belles photos

g- Utiliser les réseaux sociaux

h- Pour les objectifs cités ci-dessus

Oui (la réponse h)

4- Quelles qualités recherchez-vous ?

a- La meilleure qualité d'image ;

b- La taille de mémoire grande pour faire beaucoup de photos ;

c- Un écran de grand format.

II- **Enoncer le besoin** : Il s'agit d'exprimer avec précision le but et les limites de l'étude en posant les trois questions suivantes :

- A qui (A quoi) rend service ?

À l'utilisateur.....

- Sur qui (sur quoi) agit-il ?

Sur l'obtention des images de qualité supérieures.....

- Dans quel but ?

De faire d'excellentes photos.....

III- **Valider le besoin** :

- Pourquoi ce besoin existe-t-il ?

Il existe pour répondre pour contacter les gens, faire de belles images et l'enregistrement des interviews

- Qu'est ce qui pourrait faire disparaître ce besoin ?

La défaillance du système d'exploitation du téléphone ou la cassure...

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

Le développement technologique.....

Conclusion ; le besoin est ... Validé.....

Exercice 1_2 : Un aspirateur



Figure 1 : L'aspirateur Dyson V7 Fluffy.

1. Saisir le besoin

Dans nos maisons, on possède des tapis et au fur et à mesure avec le temps, on s'aperçoit que les tapis se couvrent d'une couche de poussière qui devient gênante et qu'il fallait s'en débarrasser. D'où la nécessité de se procurer un aspirateur pour enlever définitivement cette poussière.

- Possédons-nous un aspirateur ? Oui, nous possédons un aspirateur.
- Combien de tapis à nettoyer ? Un seul tapis à nettoyer.
- L'état de la poussière : est-elle épaisse ou légère ? L'état de la poussière est léger.
- Quel aspirateur convient à notre besoin (puissance) ? L'aspirateur qui convient à notre besoin soit 400 W de puissance utile.
- L'aspirateur est-il avec ou sans sac ? Il est avec sac.
- Pourquoi choisir un aspirateur balai ? c'est plus léger et plus pratique (simple à manipuler).
- Un aspirateur balai pour quel usage ? Un aspirateur balai pour un usage domestique.
- Comment est-elle son autonomie ? 20 minutes au minimum.

2. Énoncer le besoin

Cette phase est déterminante car elle exprime avec précision les objectifs de l'étude qui vont répondre aux questions suivantes :

- A qui (A quoi) rend service ?
- Sur qui (sur quoi) agit-il ?
- Pour quel but ?

3. Valider le besoin

Pour la validation du besoin, il nous faut répondre aux questions suivantes:

- Pourquoi le besoin existe-t-il ?
- Qu'est-ce qui pourrait le faire évoluer ?
- Qu'est ce qui pourrait le faire disparaître ?

Exemple :

Quelle est la fonction globale d'un aspirateur : aspirer, nettoyer ou dépoussiérer ?

Aspirer ne convient pas car la solution technologique est déjà pressentie (créer un flux d'air, créer une dépression...). On pourrait imaginer une autre solution permettant d'obtenir le même résultat.

Nettoyer ne convient pas car un aspirateur n'a pas pour fonction d'enlever des tâches par exemple.

Dépoussiérer cette réponse est meilleure car elle cerne bien le besoin utilisateur sans induire de solution technologique particulière.

Annexe B: Exercices résolus du chapitre 2

Exercice 2_1 : Une imprimante

	Fonction Principale (FP)	Fonction Complémentaire (FCP)	Fonction Contrainte (FC)	Fonction Technique
Energie électrique			*	
Ordinateur			*	
Voyant lumineux		*		
Informations sur papier		*		
Peindre le papier				*
Imprimer les informations	*			
Message			*	
Commande			*	
Colorier les images				*
Modifier les informations			*	
Informations sur écran			*	
Bruit		*		

Tableau 2.1 : Les fonctions principales.

Exercice 2_2 : L'appareil sèche-cheveux

Les fonctions principales (FP) sont :

- produire un flux d'air chaud
- alimenter en énergie électrique
- mettre l'air en mouvement
- éjecter l'air

Les fonctions complémentaires sont :

- commander l'appareil
- régler la température de l'air
- régler le débit de l'air
- orienter le flux d'air, modifier la direction de l'air □□casque ...
- tête rotative ...
- sécher rapidement, basculer en puissance maximale
- mise sous tension (voyant lumineux, LED)
- réglages sélectionnés (voyant lumineux, LED)
- matériaux légers
- faciliter le rangement (anneau de suspension)
- faciliter le transport
- trousse de transport

Annexe C: Exercices résolus du chapitre 3

Exercice 3_1 : La tondeuse à gazon



Figure 3.2 : La tondeuse à gazon [2].

1- Recensement des fonctions de service :

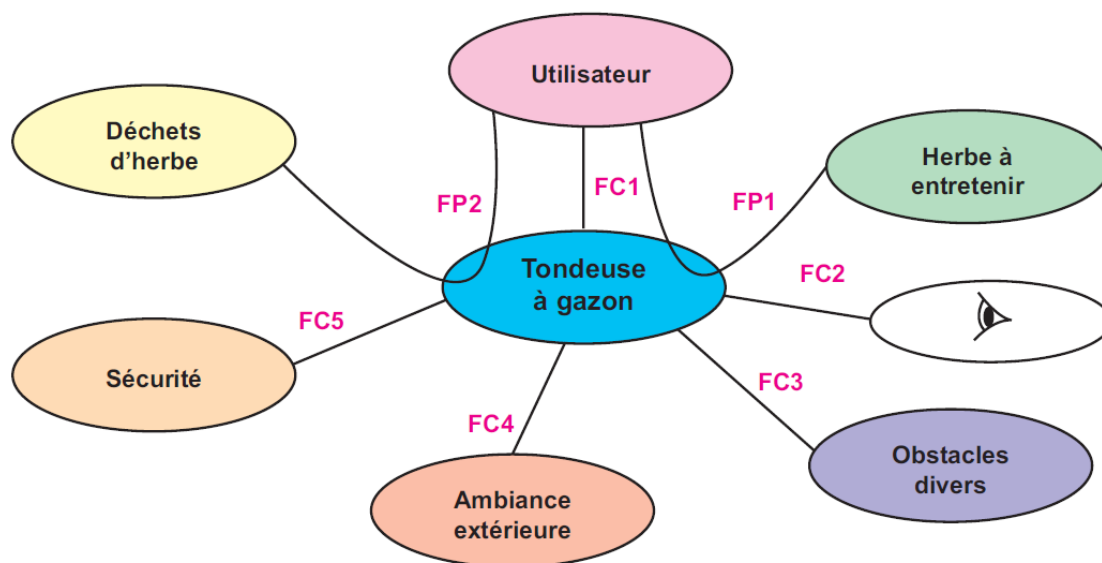


Figure 3.3 : Diagramme d'interaction de la tondeuse à gazon avec son environnement [2].

2- Formulation et caractérisation des fonctions de service [2]:

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 \pm 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 \pm 10 % 2 mn \pm 10 %
FC1	Respecter l'environnement.	Bruit	60 dB \pm 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 \pm 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 \pm 6dB

Tableau 3.5 : Formulation et la caractérisation des fonctions de service.

3- Hiérarchisation des fonctions de service [2]:

	FP2	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	Points	%
FP1	FP1 /1	FP1 /3	FP1 /3	FP1 /3	FP1 /3	FP1 /2	15	30
	FP2	FP2 /2	FP2 /3	FC3 /2	FP2 /3	FC5 /1	8	16
		FC1	FC1 /2	FC3 /3	FC1 /3	FC5 /2	5	10
			FC2	FC3 /2	0	FC5 /3	0	0
				FC3	FC3 /3	FC5 /3	10	20
					FC4	FC5 /3	0	0
						FC5	12	24
						TOTAL	50	100

Tableau 3.6 : Hiérarchisation des fonctions de service.

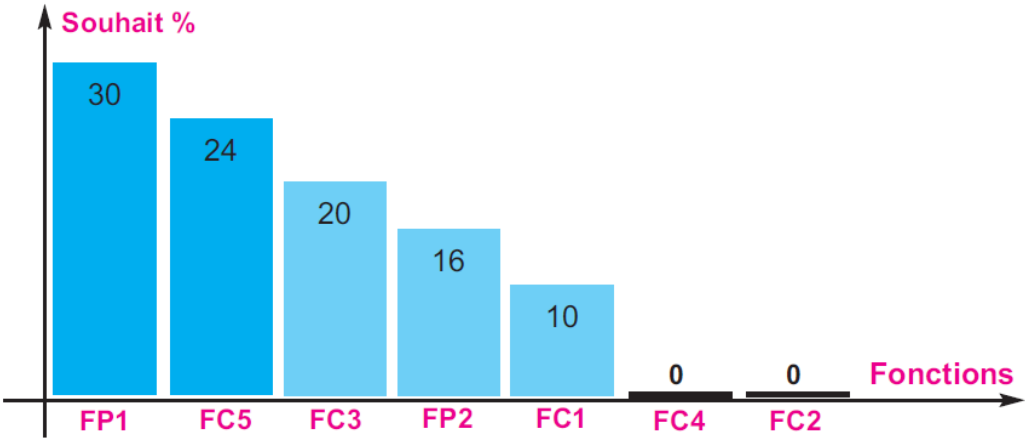


Figure 3.4 : Histogramme des souhaits [2].

Annexe D: Exercices résolus du chapitre 5

a) Diagramme des interactions des fonctions de services

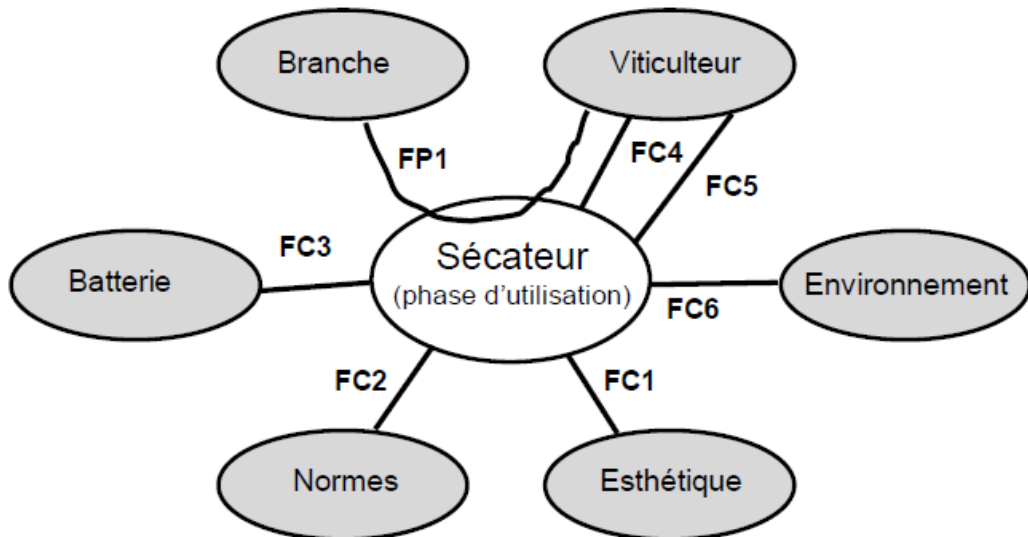


Figure 5.3 : le diagramme des interactions des fonctions de service.

b) Travail demandé :

Les fonctions de services, les critères d'appréciations et les niveaux & flexibilité sont données par le tableau ci-dessous :

Fonction	Description	Critère d'appréciation	Niveau d'exigence	Flexibilité
FP1	Couper une branche avec un moindre effort	- Capacité de coupe - Effort de coupe - Cadence	- Ø22 mm - 1000 N - 60 coupes/min	20 mm minimum ±10%
FC1	Être agréable à l'œil de l'utilisateur (esthétique)	- Forme - Couleur		
FC2	Être conforme aux normes de sécurité des travailleurs	- Article R233-100 du Code du Travail	- Respect total sans limitation	aucune
FC3	Assurer une autonomie maximum	- Durée d'autonomie	- 8 h	7h minimum
FC4	Avoir un poids et un encombrement "en mains" correct	- Masse "en mains" - Longueur	- 800 g - < 320 mm	±50g
FC5	Être intégralement portable	- Masse totale	- 3,5 kg	±200g
FC6	Résister à conditions extérieures	- Température d'utilisation - Humidité, poussière - Chocs	- de -15°C à 50°C - Étanche - Chute < 1m	±5°C aucune

Tableau 5.1 : Formulation et la caractérisation des fonctions de service.

4. Le diagramme F.A.S.T. de la fonction de service principale FP1 du sécateur PELLENC est :

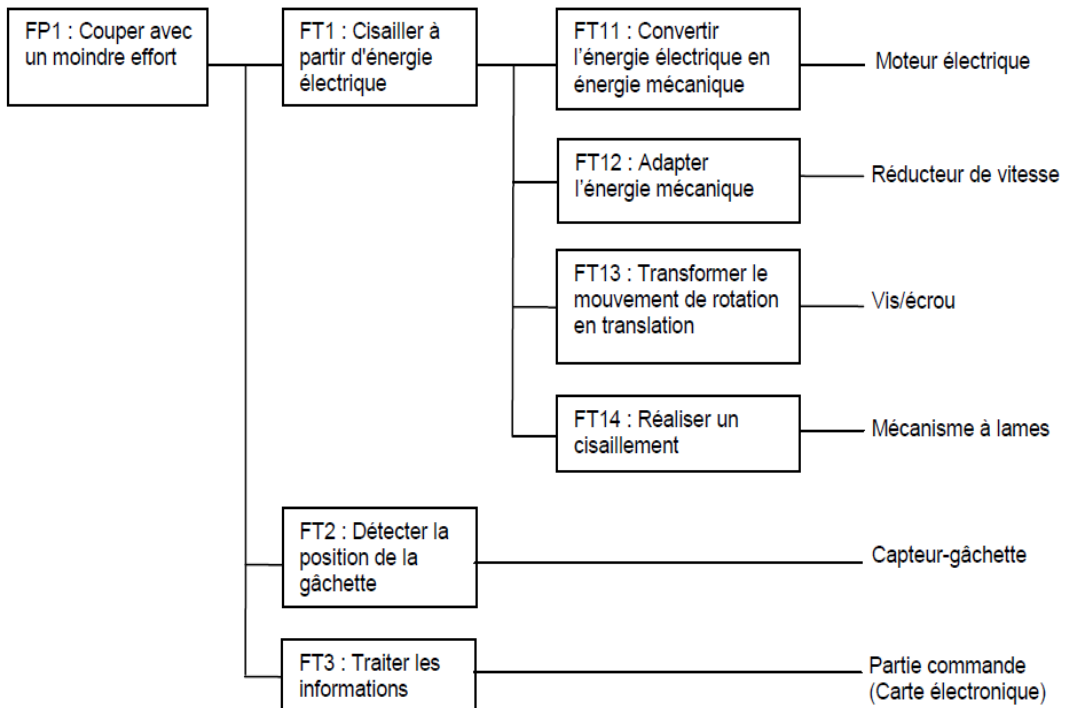


Figure 5.4. Diagramme FAST de la fonction de service principale FP1 du sécateur PELLENC.

Annexe E: Exercices résolus du chapitre 6

Exercice 6_1 : Perceuse sensitive

Les fonctions de services de la perceuse sensitive ainsi leurs expressions, leurs critères d'appréciations et les niveaux de flexibilités sont données par le tableau ci-dessous.

FS	Expression	Critères	Niveaux-Flexibilité
FP	Permettre à l'utilisateur de percer des pièces.	<ul style="list-style-type: none"> - Avoir quatre vitesses différentes de la broche. - Puissance à transmettre - Avoir la translation de l'outil dans les deux sens. 	<ul style="list-style-type: none"> - N1 = 1950 trs/min \pm 20 - N2 = 1430 trs/min \pm 10 - N3 = 915 trs/min \pm 10 - N4 = 515 trs/min \pm 10 - 250 w - 80 mm \pm 5
FC1	S'adapter à l'énergie disponible.	- Tension du secteur	U =220 V \pm 30V
FC2	Respecter l'environnement.	<ul style="list-style-type: none"> - Encombrement - Etanchéité - Déchets 	
FC3	Plaire à l'œil.	<ul style="list-style-type: none"> - Couleur - Forme 	Choix en fonction de la sensibilité de l'utilisateur

Tableau 6.1 : Formulation et la caractérisation des fonctions de service [1].

Annexe F: Exercices résolus du chapitre 7

Exercice 7_1 : Cric hydraulique

Le cric hydraulique permet à l'utilisateur de soulever ou de déposer un véhicule.

Analyse fonctionnelle externe.

Expression du besoin.

Question 1 : En utilisant la représentation de diagramme d'interactions, montrez les fonctions de services ?

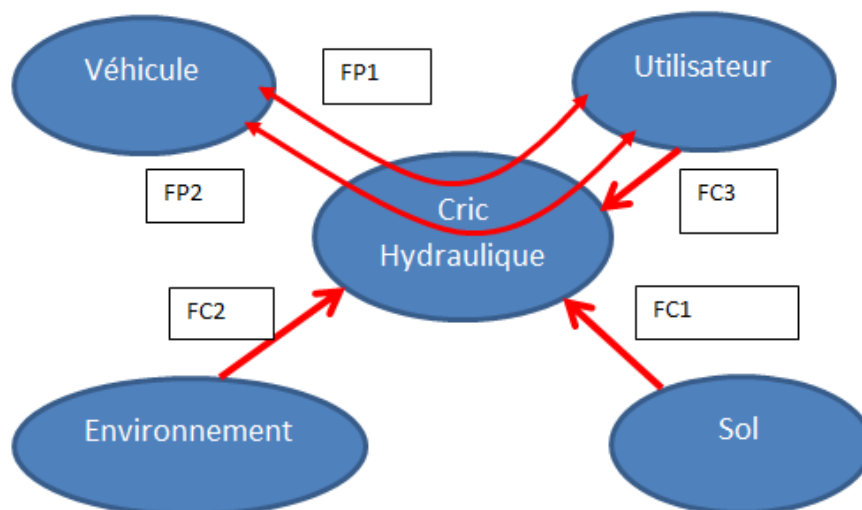


Figure 7.4 : Diagramme des interactions des fonctions de service.

FP1	Aider l'utilisateur à soulever un véhicule
FP2	Aider l'utilisateur à déposer un véhicule
FC1	Se positionner facilement sur le sol
FC2	Résister aux conditions extérieures
FC3	Être facilement transportable par l'utilisateur

Tableau 7.2 : Tableau des fonctions de service.

Question 2 : Citer deux critères d'appréciation, ainsi que leur niveau d'exigence et la flexibilité pour la fonction FP1.

Fonction	Description	Critère d'appréciation	Niveau d'exigence	Flexibilité
FP1	<i>Aider l'utilisateur à soulever un véhicule</i>	- Masse de levage - Amplitude de levage	2 tonnes > 15 cm	maxi

Tableau 7.3 : Tableau des fonctions de service avec leurs expressions, critères d'appréciations, niveaux d'exigence et flexibilité.

Analyse fonctionnelle interne.

Question 3 : Compléter les deux diagrammes FAST des deux fonctions suivantes :

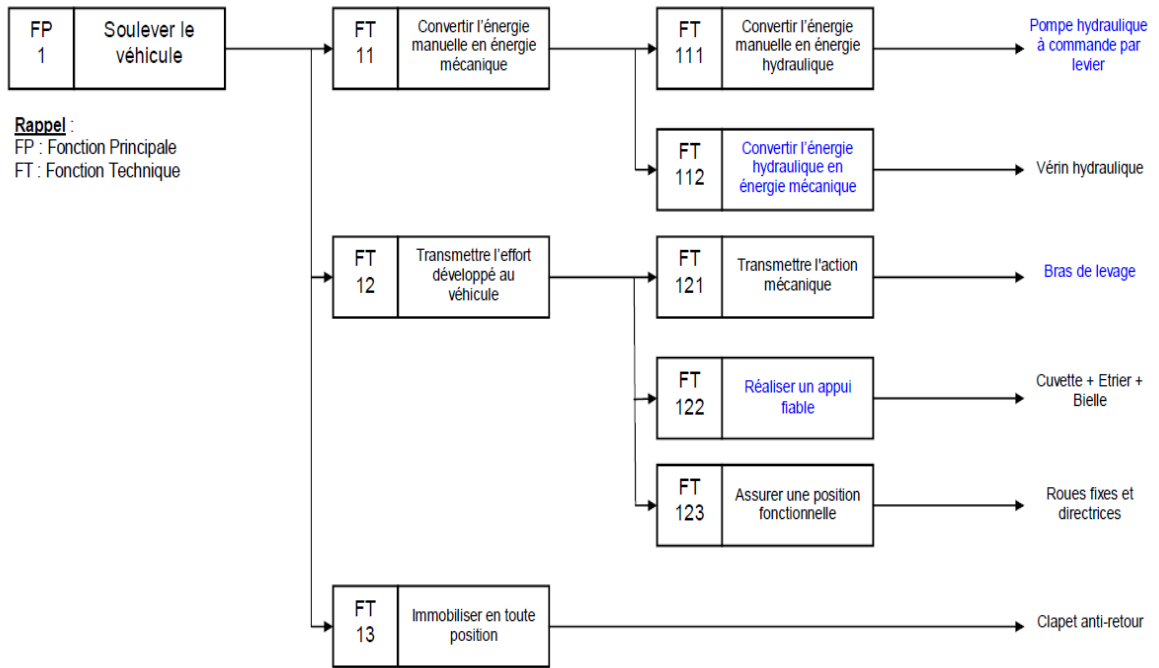


Figure 7.5 : Technique d'Analyse Fonctionnelle et Systématique (F.A.S.T.) pour FP1[2].

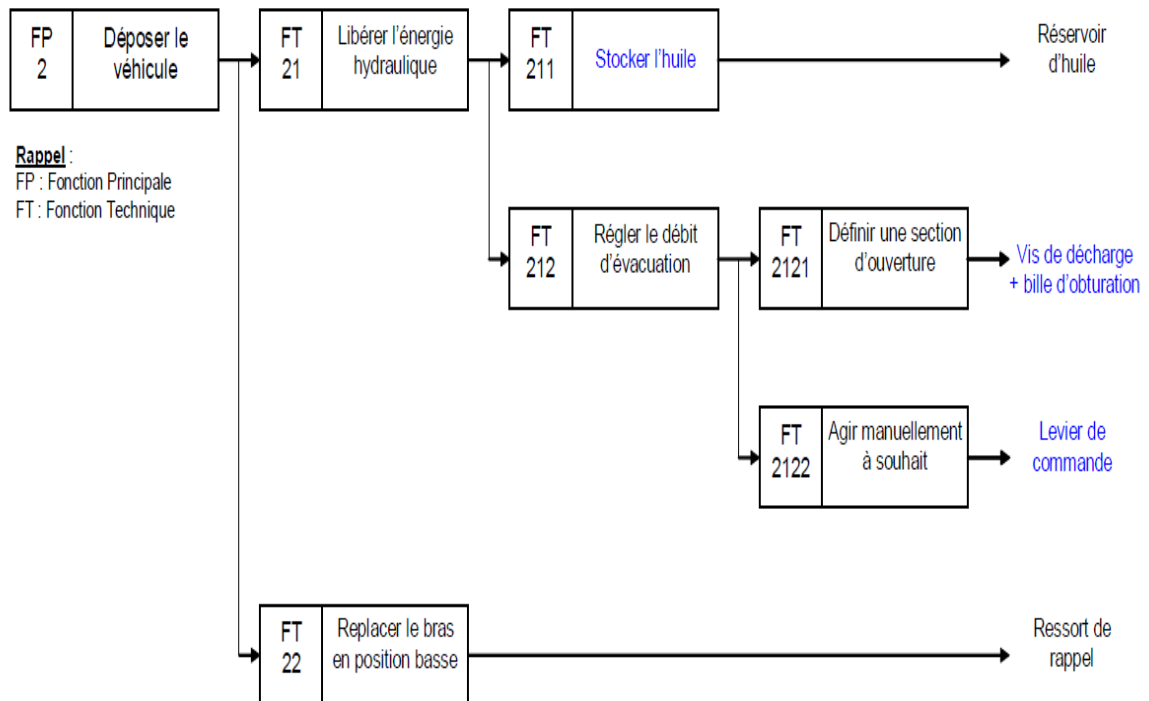


Figure 7.6 : Technique d'Analyse Fonctionnelle et Systématique (F.A.S.T.) pour FP2[2].