

La démarche d'Analyse Fonctionnelle

Sommaire

Chapitre 1 : La démarche d'Analyse Fonctionnelle

1	Préambule	2
2	Présentation de la démarche	2
3	Les étapes de l'A.F.	4

Chapitre 2 : L'Analyse du Besoin (A.B.)

1	Qu'est-ce qu'un besoin ?.....	5
2	La verbalisation d'un besoin.....	5

Chapitre 3 : L'Analyse Fonctionnelle du Besoin (A.F.B.)

1	Les concepts de l'A.F.B.	8
2	Phases de vie du produit	9
3	Eléments du Milieu Extérieur (E.M.E.)	10
4	Fonctions de Service (F.S.).....	12
5	Le Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF)	16

Chapitre 4 : L'Analyse Fonctionnelle Technique (A.F.T.)

1	Qu'est-ce que l'A.F.T. ?.....	17
2	Intérêts de l'AFT	17
3	Le diagramme FAST, outil privilégié	17

Ce guide, à destination des professeurs de technologie de l'académie de Versailles, a été élaboré par M. Fabien Audry, professeur agrégé de mécanique au lycée R. Doisneau de Corbeil-Essonnes (91), à la demande de Philippe Taillard IA-IPR STI. Ce fascicule est un extrait d'un document de formation plus complet que M. Audry a rédigé en 2009 pour animer une formation du PAF versaillais sur le thème plus général de la démarche de projet.

1 Préambule

Les définitions données ici ne prétendent pas être absolues, et peuvent à la marge diverger des définitions données par les normes.

Ce document a pour but d'exposer les grandes lignes de la démarche d'Analyse Fonctionnelle (A.F.), et son esprit général.

2 Présentation de la démarche

2.1 L'Analyse Fonctionnelle (A.F.) en quelques questions

A qui s'adresse l'A.F. ?

L'AF s'adresse aux concepteurs de **produits**.

Le mot produit peut ici prendre des sens très divers. Il peut s'agir d'un objet matériel ou immatériel (produit industriel, objet technique, programme informatique, service à la personne, services financiers...).

Quel est le but de l'A.F. ?

Le but de l'AF est d'optimiser la conception ou la reconception de produits en s'appuyant sur les **fonctions** que doit réaliser le produit.

Une fois les fonctions du produit identifiées et caractérisées, l'équipe de conception peut mesurer son état d'avancement et de réussite par rapport à des critères objectifs.

Quand utiliser l'AF ?

L'AF n'a de sens que si elle est menée **au début** d'un projet.

Pourquoi utiliser l'AF ?

L'AF permet d'éviter certains pièges classiques de la conception (aveuglement, manque d'objectivité, mauvaise gestion des priorités). Dans les faits, les premières étapes de l'AF sont générales et **concernent tous les acteurs** d'un même projet. C'est seulement dans un deuxième temps que l'AF devient technique, et oriente les concepteurs vers des solutions techniques.

L'AF rend ainsi possible un dialogue entre tous les intervenants d'un projet (quels que soient leurs domaines de compétence). C'est un gage d'objectivité et de créativité dans la conduite du projet.

2.2 Les normes et méthodes

Les méthodes d'Analyse Fonctionnelle

Quelques dates :

- Les premières méthodes assimilables à de l'AF ont été mises en pratique aux Etats Unis peu après la Seconde Guerre mondiale, en 1947 (chez *General Electric*).
- La méthode **APTE** est développée dans les années 60.
- L'outil **SADT** est développé en 1977 et se généralise dans les années 1980.

La méthode APTE : APpplication aux Techniques d'Entreprise (nom déposé)

La méthode APTE est une méthode « universelle » d'aide à la gestion de projets, enseignée et/ou dispensée de façon très officielle par l'*APTE*, cabinet conseil en management, spécialisé en Analyse de la Valeur.

La méthode APTE est une interprétation française de méthodes américaines d'analyse de la valeur (source : site officiel <http://www.methode-apte.com/>).

L'Analyse Fonctionnelle telle qu'elle est pratiquée généralement, et notamment au sein de l'Education Nationale, s'apparente fortement à la méthode *APTE*...

En conséquence, l'utilisation de la terminologie *APTE* peut parfois poser des problèmes de droits (!) : « **Bête à cornes** » et « **Diagramme pieuvre** » sont des outils déposés, eux aussi. Ces outils sont néanmoins pratiques et donc des désignations alternatives seront utilisées dans ce document.

Les normes associées à l'Analyse Fonctionnelle

En France, plusieurs normes sont en vigueur concernant l'analyse fonctionnelle, on peut citer :

- NF X 50-100 : **Analyse Fonctionnelle** - Caractéristiques fondamentales - 1996.
- NF X 50-151 : Analyse de la Valeur, **Analyse Fonctionnelle** - Expression fonctionnelle du besoin et cahier des charges fonctionnel - 1991.
- FD X 50-101 : **Analyse Fonctionnelle** - L'**Analyse Fonctionnelle** outil interdisciplinaire de compétitivité - 1995.
- NF EN 1325-1 : Vocabulaire du Management par la Valeur, de l'Analyse de la Valeur et de l'**Analyse Fonctionnelle** - 1 : analyse de la valeur et **Analyse Fonctionnelle** - 1996.

3 Les étapes de l'A.F.

Lors d'une démarche d'analyse fonctionnelle, les concepteurs (au sens large) du produit doivent suivre les étapes suivantes, présentées dans l'ordre chronologique.

Outils	Résultat attendu
Analyse du B esoin (A.B.)	Cahier des charges du besoin (note de cadrage).
Analyse Fonctionnelle du B esoin (A.F.B.)	Cahier des charges fonctionnel
Analyse Fonctionnelle T echnique (A.F.T.)	Cahier des charges technique (spécification technique).

- ✚ L'Analyse du Besoin permet **d'exprimer le besoin**.
- ✚ L'Analyse Fonctionnelle du Besoin permet d'identifier les relations du produit avec son contexte d'utilisation, afin de dégager des **Fonctions de Service**, aptes à satisfaire le besoin.
- ✚ L'Analyse Fonctionnelle Technique permet de déterminer les **Fonctions Techniques** nécessaires aux fonctions de service. Ces fonctions techniques guident les concepteurs dans la recherche des **solutions technologiques**.

Remarques :

L'Analyse Fonctionnelle du Besoin porte sur les **fonctions** du produit à concevoir. Elle ne préjuge pas ni des fonctions techniques induites ni des solutions constructives capables qui seront recherchées au stade de l'Analyse Fonctionnelle Technique.

La démarche d'Analyse Fonctionnelle (AB, AFB et AFT) est collective, et doit réunir des personnes représentant tous les services et tous les métiers concernés. Cela permet à la fois plus de créativité, et d'exhaustivité dans la démarche. La réflexion doit rester la plus ouverte possible, tout au long de la démarche d'analyse.

La démarche d'Analyse Fonctionnelle avec sa rigueur n'a aucunement vocation à mener les concepteurs jusqu'à une solution unique, bien au contraire elle privilégie la créativité.

Analyse du Besoin (A.B.)

1 Qu'est-ce qu'un besoin ?

Définition AFNOR :

« Un besoin est un désir (ou une nécessité) éprouvé par l'utilisateur d'un système »

Classification du besoin

On recense deux formes principales de besoin : exprimé, latent (pouvant être détecté ou suscité et enfin exprimé).

Les principaux besoins de l'homme sont : se nourrir, se protéger, se reposer, se soigner, communiquer, se déplacer, se divertir, se cultiver, ... Chacun de ces besoins primaires peuvent se décomposer en autres besoins. Par exemple « se protéger » peut s'exprimer par « se loger », « se vêtir », « respecter l'environnement », ...

Notons que les besoins de l'homme évoluent avec le temps.

2 La verbalisation du besoin

Hypothèses

La méthode de l'Analyse du Besoin s'appuie sur deux hypothèses :

Hypothèse 1 : La satisfaction du besoin est réalisée par l'utilisation du produit à concevoir.

Hypothèse 2 : Le besoin est satisfait par le changement d'état d'une matière d'œuvre.

Les trois questions à se poser

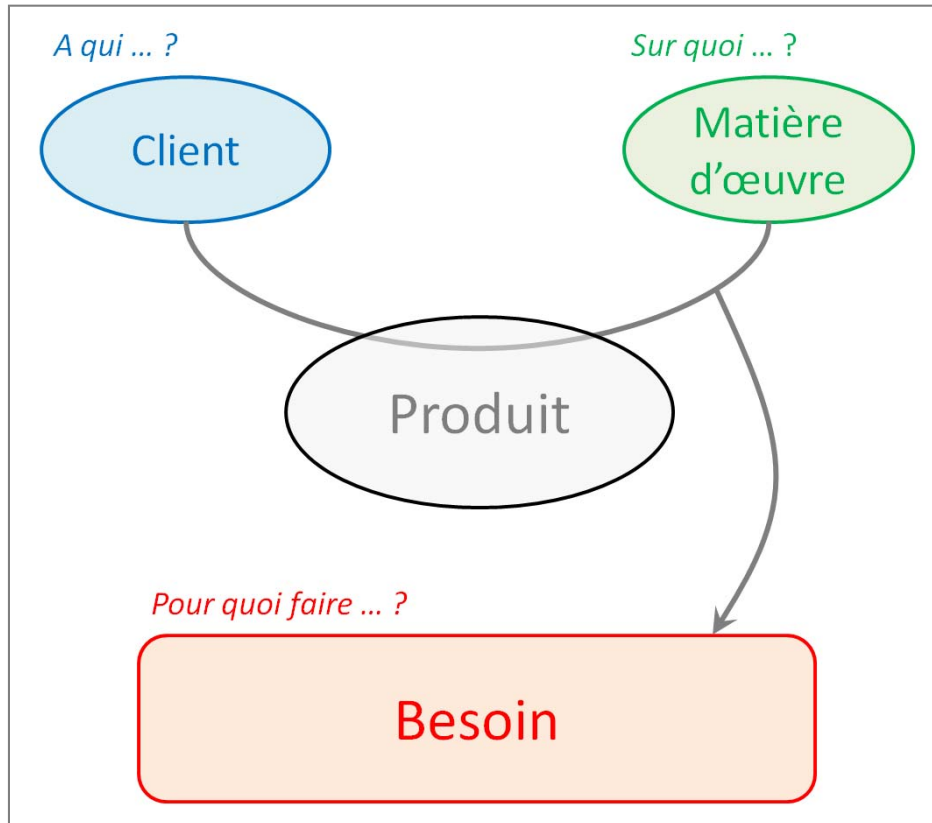
Pour verbaliser le besoin, il faut se poser trois questions (... et y répondre !) :

Questions	Réponses (à détailler)
« A qui le produit rend-il service ? »	Au client (préciser)
« Sur quoi le produit agit-il ? »	Sur la matière d'œuvre (préciser)
« Dans quel but ? » (pour_quoi faire ?)	Pour satisfaire le besoin (préciser)

Le schéma du besoin

Traditionnellement, on représente le besoin grâce à un outil graphique : le **schéma du besoin** (la « Bête à cornes ») © de la méthode APTE) :

Fig.3 : Le schéma du besoin



L'énoncé du besoin :

Les réponses à ces trois questions aboutissent à un énoncé du besoin, qui doit être rédigé de la façon suivante :

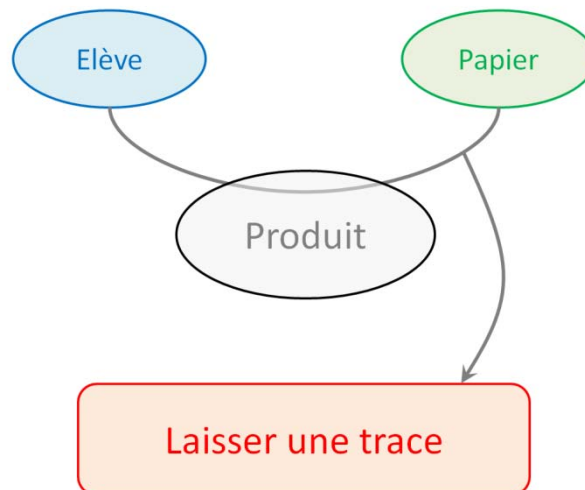
« Le produit rend service au client en agissant sur la matière d'œuvre pour satisfaire le besoin. »

Illustration : Verbalisation de besoin

Besoin exprimé : « On souhaite permettre à un élève de laisser une trace sur un support papier »

Les trois questions :

Questions	Réponses
« A qui le produit rend-il service ? »	A <u>l'élève</u>
« Sur quoi le produit agit-il ? »	Sur du <u>papier</u>
« Dans quel but ? » (pour_quoi faire ?)	Pour <u>y laisser une trace</u>

Le schéma du besoin :**Le besoin énoncé :**

« Le **produit** rend service à **l'élève** en lui permettant de **laisser une trace** sur du **papier** ».

Remarque :

L'élève est un client. Ce terme commercial n'est pas innocent. On pourrait parler ici d'utilisateur ou d'usager, à la seule condition que le décideur de l'achat du service ou du produit, soit également l'utilisateur.

Analyse Fonctionnelle du Besoin (A.F.B.)

1 Les concepts de l'A.F.B.

1.1 Hypothèses

Hypothèse 1 : *Le besoin est satisfait par l'utilisation d'un produit.*

Hypothèse 2 : *Le produit est un générateur de **services** (ou « prestations client »)*

L'Analyse **Fonctionnelle** du Besoin est appelée ainsi car elle va permettre de traduire le besoin par des fonctions à réaliser : les **Fonctions de Service**.

L'Analyse **Fonctionnelle** du Besoin est aussi appelée Analyse **Fonctionnelle Externe**.

1.2 Notion de Fonctions de Service (F.S.)

Définitions

Définition d'une **fonction** suivant la norme AFNOR X50-151 :

« **Action** d'un produit ou de l'un de ses constituants exprimée exclusivement en termes de **finalité** ».

Fonction de Service (F.S.) : (définition personnelle)

Action du produit **avec son milieu extérieur**, qui contribue à la satisfaction du besoin (identifié et caractérisé lors de l'A.B.)

Conséquences

1. On ne peut identifier et caractériser les fonctions de service que si l'on a au préalable **identifié et caractérisé le milieu extérieur** du produit.
2. Le milieu extérieur du produit à concevoir dépend de l'instant auquel on le considère. Le cycle de vie du produit étant constitué de multiples étapes, on doit identifier le **milieu extérieur correspondant à chaque phase de vie du produit**.

1.3 Les étapes de l'A.F.B.

L'Analyse Fonctionnelle du Besoin est une démarche relativement longue, qui conditionne grandement la réussite du projet et demande donc beaucoup de rigueur et de soin.

1. Identification des **phases de vie** du produit
2. Pour chaque phase de vie (à minima les principales) :
 - a. Identification et caractérisation des **Éléments du Milieu Extérieur** (E.M.E.)
 - b. Identification des **Fonctions de Service** (F.S.)
 - c. Caractérisation des F.S.
3. Rédaction du **cahier des charges fonctionnel**

2 Phases de vie du produit

Suivant les objectifs de la conception et le niveau de précision recherché, on peut identifier de très nombreuses phases de vie pour un produit (en gras, les phases les plus couramment étudiées) :

- conception
- fabrication
- métrologie / tests d'intégration
- conditionnement
- transport
- commercialisation
- **montage**
- installation / mise en œuvre
- validation
- **utilisation normale (principale)**
- utilisation normale (secondaire)
- utilisation anormale (mode dégradé)
- **maintenance**
- non utilisation
- stockage
- reconditionnement
- mise à jour
- recyclage / destruction

Dans la pratique, le produit est créé pour satisfaire un besoin correspondant à son utilisation principale. Mais chaque phase du cycle de vie du produit ajoute des contraintes, et sa conception prend nécessairement la forme d'un compromis, source d'écart entre le besoin satisfait et le besoin rêvé.

3 Eléments du Milieu Extérieur (E.M.E.)

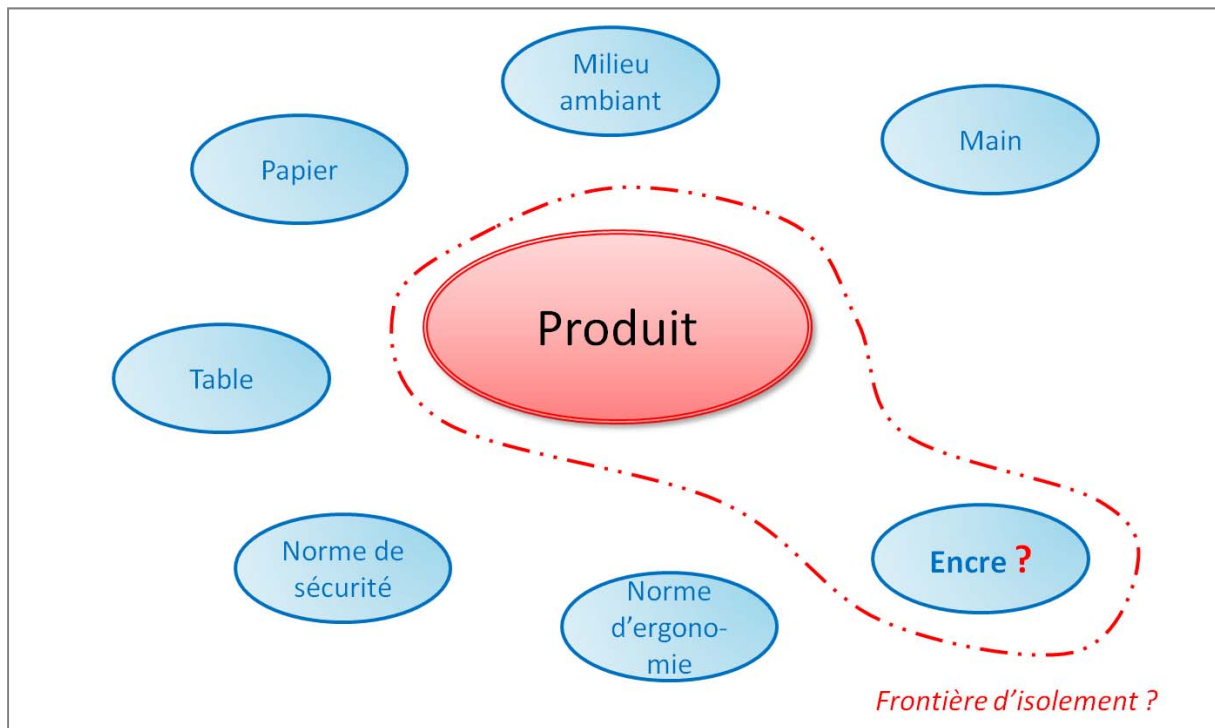
La démarche suivante est à effectuer pour chaque phase de vie étudiée !

3.1 Identification des E.M.E.

Définition

Pour identifier les fonctions du produit, il faut être capable de décrire son environnement (appelé « Milieu Extérieur »). Toutes les entités qui sont identifiées comme extérieures au produit sont appelées **Eléments du Milieu Extérieur** : E.M.E.

Fig.4 : Identification des EME dans la phase d'UTILISATION NORMALE

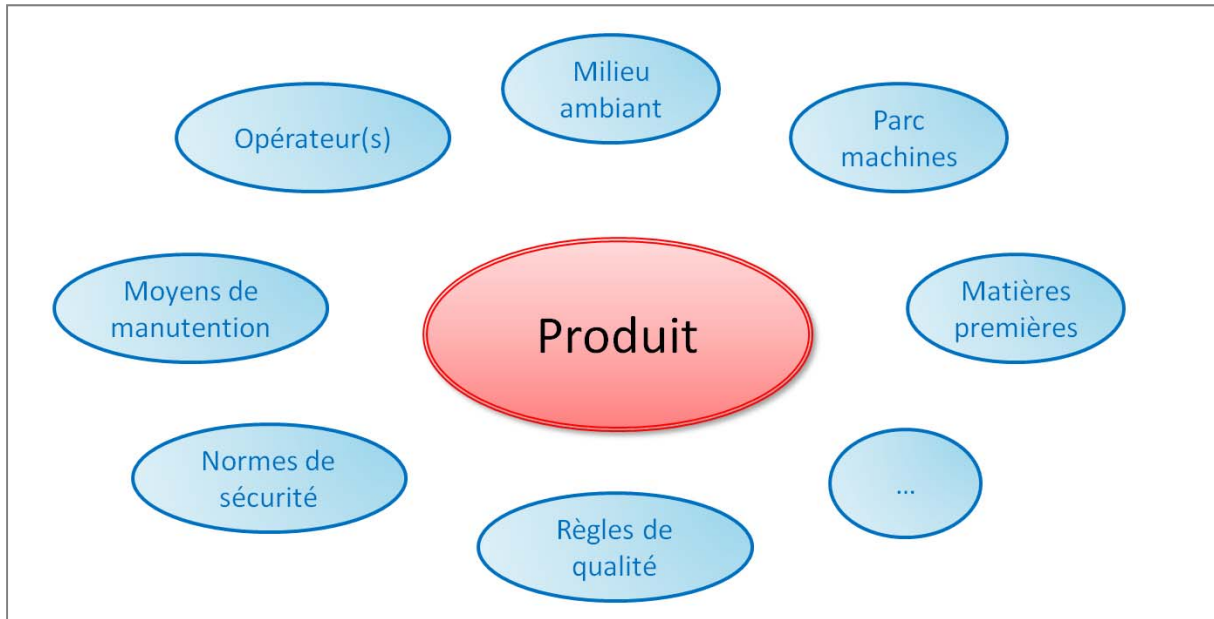


Remarque :

On constate ici que la définition de la frontière d'isolement du produit est capitale. Si l'on suppose que le produit que nous souhaitons concevoir s'apparente à un stylo :

- Si l'encre fait partie du produit, ce stylo sera jetable (on ne pourra pas définir de phase de recharge en encre, faute d'EME correspondant)
- Si l'encre est un EME, alors il faudra prévoir une fonction permettant de recharger le stylo en encre (qu'elle se présente sous forme de cartouches ou en flacon) lors de la phase de maintenance, par exemple.

Fig.5 : Identification des EME dans la phase de FABRICATION



Règle d'or

Un E.M.E. doit pouvoir être **défini de façon objective** pour tous les protagonistes de l'étude. Si on ne peut pas définir entièrement un élément par des critères objectifs, alors cet élément n'est pas un élément du milieu extérieur.

Conséquence :

Ce qui est impalpable ne peut pas être un E.M.E.

Quelques erreurs courantes :

- **L'esthétique n'est pas un E.M.E.**, car personne ne peut donner une définition stable et objective de l'esthétique. Mais on peut s'appuyer sur les résultats d'une étude de marché ou d'un sondage (par exemple). L'E.M.E. sera le sondage en question.
- Idem pour le toucher, le bon goût, etc.
- **La sécurité n'est pas intrinsèquement un E.M.E.** Qui pourrait répondre à la demande « Montrez-moi la sécurité de cet objet » ? Personne, à moins d'avoir une conception douteuse de la langue française. En revanche, une norme de sécurité fera un excellent E.M.E. !

Remarque :

Le choix d'un E.M.E. conditionnera l'énoncé des Fonctions de Service. Or une F.S. doit exprimer une action quantifiable.

4 Fonctions de Service (F.S.)

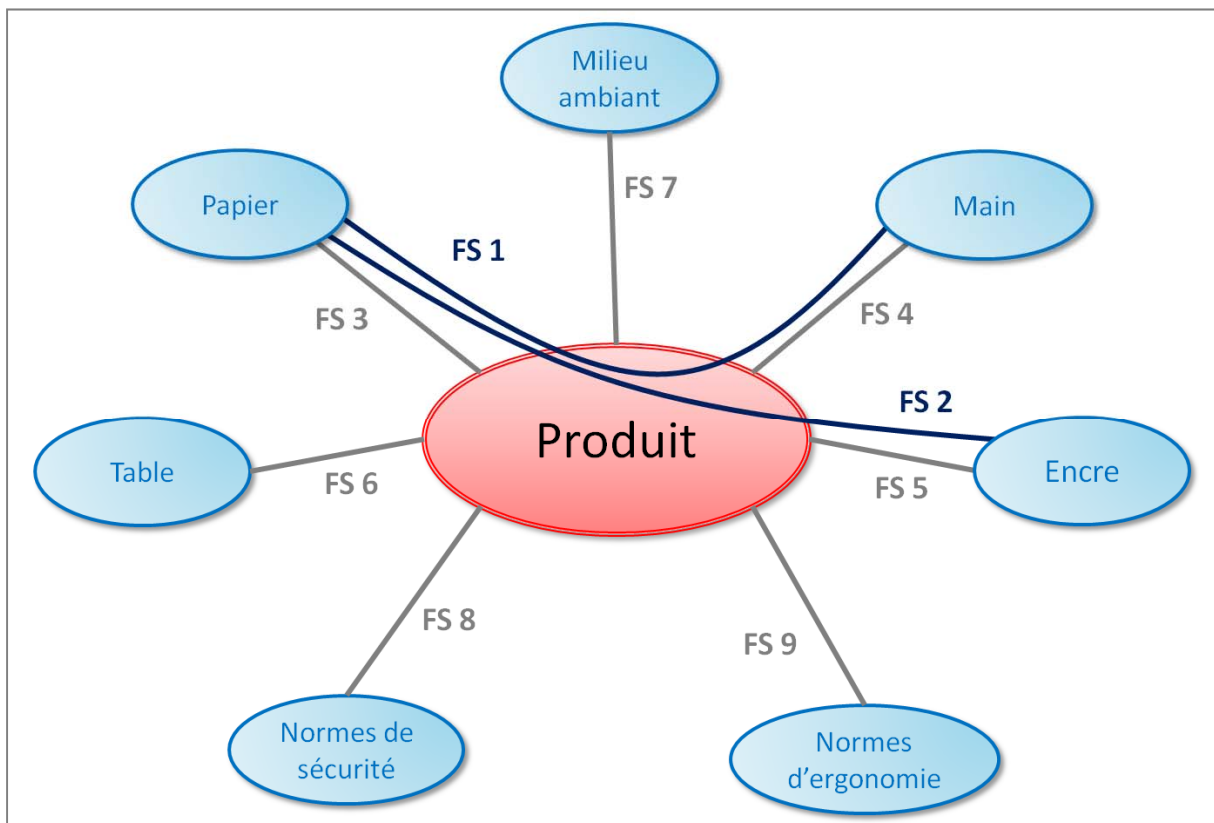
La démarche suivante est à effectuer pour chaque phase de vie étudiée !

4.1 Identification des F.S.

On identifie les Fonctions de Service grâce à un outil graphique : le **graphe des interacteurs**, ou *graphe fonctionnel* (le « Diagramme Pieuvre »© de la méthode APTE) :

- Les relations du produit avec son milieu extérieur (pour une phase de vie donnée) sont représentées par des traits.
- Chaque trait correspond à une Fonction de Service (F.S.)
- Chaque trait doit relier le produit à un EME ou bien relier plusieurs EME en passant par le produit.

Fig.6 : Graphe des interacteurs (phase d'utilisation normale)



On a identifié (pour cette phase) 9 fonctions de service, numérotées de FS1 à FS9.

4.2 Classification des Fonctions de Service

Fonctions Principales : F.P.

« Fonction de service qui met en relation deux EME (ou plus), via le produit »

Les fonctions principales traduisent obligatoirement des actions réalisées par le produit.

Il peut être nécessaire de mettre en relation plus de deux EME par une seule fonction principale, mais c'est un cas à éviter dans la mesure du possible.

Fonctions Contraintes : F.C.

« Fonction de service qui met en relation le produit avec un seul EME »

Chaque EME doit être relié au produit par au moins une fonction contrainte.

Les fonctions contraintes traduisent la plupart du temps une adaptation du produit à son milieu extérieur.

Pour être pertinentes, les FP et FC doivent pouvoir être énoncées en respectant les règles suivantes.

Expression des fonctions

L'expression des fonctions est normalisée par l'AFNOR : une fonction se compose d'un **verbe** ou d'un **groupe verbal caractérisant l'action**, et de compléments représentant les **éléments du milieu extérieur** concernés par la fonction. Le sujet de la phrase n'apparaît pas, mais il renvoie toujours au produit.

Outre cette définition formelle, certaines règles d'usage sont à respecter :

- les formes passive et négative sont à éviter (forme passive admise pour les contraintes)
- la formulation de la fonction doit être indépendante des solutions susceptibles de la réaliser
- la formulation doit être la plus concise et la plus claire possible

Quelques contre-exemples :

FP2 : Projeter l'encre sur le papier / Le verbe « projeter » implique une solution technique.

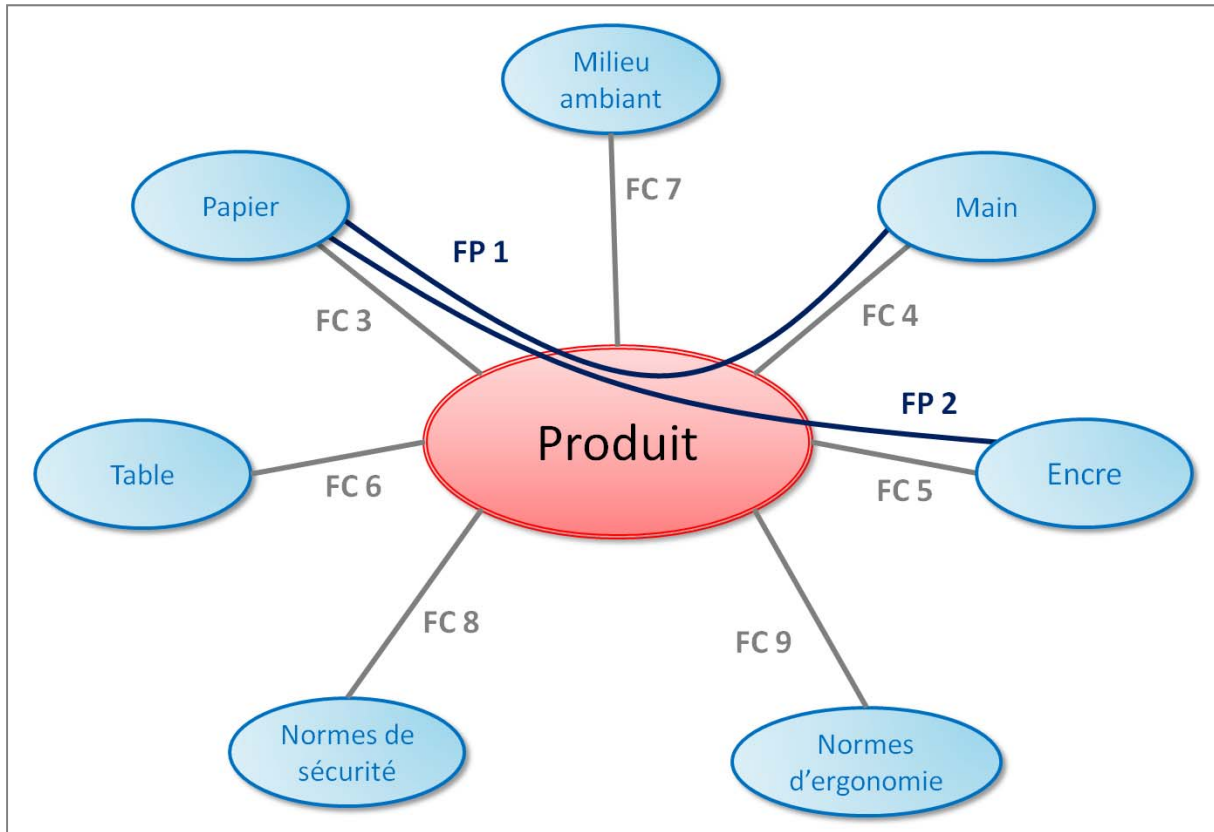
FP2 : Déposer l'encre sur le papier / Le verbe « déposer » implique une solution technique.

FP2 : Transférer l'encre sur le papier grâce à une bille / « Grâce à une bille » implique une solution

FC4 : Bien tenir dans la main de l'élève / L'adverbe « Bien » est déplacé, car la fonction sera caractérisée. Le complément du nom « de l'élève » est déplacé, car l'EME « main » a déjà été caractérisé.

FC4 : S'adapter à la main de l'élève, même s'il fait chaud, ou bien qu'il (l'élève, pas le stylo) stresse, et qu'il transpire abondamment / Est-il besoin de commenter ? Et pourtant, on rencontre de nombreux énoncés approchants...

Fig.8 : Exemple



Quelques énoncés possibles (le verbe est en rouge, les EME sont en bleu)

FP1 : **Reproduire** les mouvements de la **main** sur le **papier**

FP2 : **Transférer l'encre** sur le **papier**

FC3 : **S'adapter** au **papier**

FC4 : **S'adapter** à la **main**

4.3 Caractérisation des Fonctions de Service

Toutes les fonctions de service (pour chaque phase de vie du produit) doivent être caractérisées

Fig.9 : Tableau de caractérisation des FS

Fonction de Service	Critère	Niveau	Flexibilité
FP 1	Critère n°1	Valeur	F_i
	...		
FP 2			
...			
FC3			
...			

Fig.10 : Exemples de caractérisation des FS

Fonction de Service	Critère	Niveau	Flexibilité
FP 1 : Reproduire les mouvements de la main sur le papier	Rigidité minimale en traction – compression	100 N/mm	F1
	Rigidité minimale en flexion	100 (Nm)/mm	F1
	Rigidité minimale en torsion	50 (Nm)/rad	F2
	...		
FC3 : S'adapter à la main	Coefficient d'adhérence minimal	0,5	F2
	Coefficient de frottement minimal	0,45	F3
	Absorber la transpiration	10 mL/h	F3
	Eviter les allergies	absolu	F0
	Réaliser une liaison rigide	absolu	F1
	...		

Remarque :

On constate ici que la caractérisation des FS est importante pour la suite de la conception. Elle permet ici de préciser les intentions de conception : on s'oriente vers un dispositif lié à la main de l'élève (handicapé moteur). Le produit ne devrait pas ressembler à un stylo classique.

5 Le Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF)

5.1 Qu'est-ce qu'un CdCF

Le Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF) est le document qui récapitule la démarche et les résultats de l'Analyse Fonctionnelle du Besoin. Il porte donc essentiellement sur les Fonctions de Service.

Ca représente beaucoup de papier... ou un gros tableau informatique (tableur).

Le CdCF fait office de contrat à respecter par les concepteurs.

Sa rédaction mérite donc une grande attention.

5.2 La rédaction du CdCF

On doit retrouver dans le CdCF toutes les étapes de la démarche décrite dans ce chapitre :

Cahier des Charges Fonctionnel

1. Identification des **phases de vie** du produit
2. Pour chaque phase de vie :
 - a. Identification des **EME**
 - b. caractérisation des **EME** / sous forme de tableau
 - c. Identification des **FS** / diagramme des interacteurs
 - d. Caractérisation des **FS** / sous forme de tableau

Analyse Fonctionnelle Technique (A.F.T.)

1 Qu'est-ce que l'A.F.T. ?

L'Analyse Fonctionnelle Technique (A.F.T.) permet de faire la transition entre l'Analyse Fonctionnelle du Besoin (qui reste étrangère aux préoccupations d'ordre technologiques) et la conception détaillée, qui entre de plain pied dans les considérations technologiques. L'Analyse Fonctionnelle Technique est aussi appelée Analyse Fonctionnelle interne.

2 Intérêts de l'AFT

L'approche systémique

L'AFT permet une approche systémique de la recherche de solutions technologiques.

C'est un gage d'exhaustivité (sans pour cela nuire à la créativité).

La traçabilité

Les outils de l'AFT permettent aux concepteurs d'associer immédiatement (grâce à son nom) toute Fonction Technique (F.T.) et toute Solution Technologique (S.T.) à la Fonction de Service (F.S.) qui la justifie.

Cela permet un suivi optimal du projet/produit durant toute sa vie, y compris pour les évolutions du produit. Si l'on connaît les Fonctions de Service qui sont modifiées, on connaît immédiatement les Solutions Technologiques qui sont impactées par ces modifications.

3 Le diagramme FAST, outil privilégié

Pour mener une Analyse Fonctionnelle Technique, il existe un outil principal : le **F.A.S.T.** (acronyme de « **F**onctionnal **A**nalysis **S**ystem **T**echnique »). D'autres outils existent, mais il s'agit de compléments au FAST, non abordés ici.

Remarque :

Le seul outil d'analyse normalisé portant le nom de FAST est un outil descriptif. On utilise malgré tout un autre outil, appelé FAST de créativité, qui n'est pas normalisé (a priori, bien que son utilisation soit très répandue).

3.1 Notion de Fonction Technique

Définition

Une **Fonction Technique (F.T.)** est une fonction contribuant à réaliser une fonction de service par un moyen technique.

Énoncé d'une fonction technique

Une FT s'énonce nécessairement avec un **verbe à l'infinitif**. Ce verbe doit être, autant que possible, un **verbe d'action**.

Remarques

- Toutes les fonctions de service ne peuvent pas être décrites par des FT. Par exemple, une fonction contrainte du type « *Respecter la norme* », si elle est bien caractérisée, se suffit à elle-même.
- Si l'on n'arrive pas à énoncer une FT avec un verbe d'action, il y a de grandes chances pour que l'on soit en train de faire fausse route.

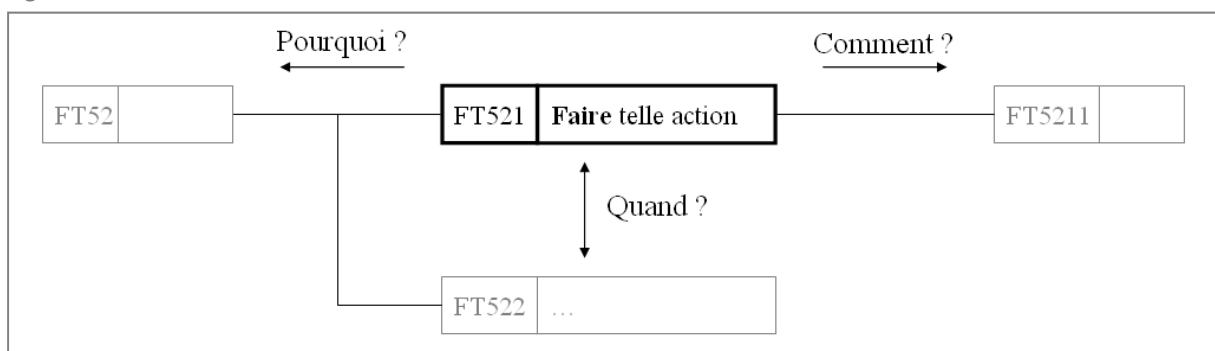
3.2 Utilisation du FAST

Construction du FAST

Les fonctions, représentées par des blocs rectangulaires, sont liées entre elles par des traits droits (sans flèches), qui les ordonnent. Les fonctions techniques sont nommées **FT_{ijk...}** où *i* est le numéro de la FS développée (*FS_i*), *j* et *k* indiquent la position de la fonction technique dans l'arborescence de *FS_i*.

Lecture du FAST

Fig.13 : Méthode de lecture du FAST



- **Pourquoi** FT521 existe-t-elle ? → **Pour** réaliser FT52 (et seulement FT52)
- **Comment** FT521 est-elle réalisée ? → **Grâce à** FT5211 (il peut y en avoir d'autres)
- « **Quand** » FT521 intervient-elle ? → « **En même temps que** » FT522

La notion de simultanéité dans le FAST n'a rien à voir avec le temps

La question « Quand ? » ne fait pas allusion à une simultanéité chronologique, mais fonctionnelle. Deux fonctions techniques de même niveau ne sont pas réalisées « au même instant », mais ont la même importance fonctionnelle. La simultanéité du FAST peut être interprétée comme un « ET » logique.

Exemple

Pour me nourrir, je dois me saisir d'un aliment et le porter à ma bouche. Ces deux actions ont la même importance au final (point de vue fonctionnel lié à la finalité) mais ne sont pas exécutées en même temps sur un plan chronologique.

3.3 Organisation du FAST descriptif

Sur le FAST descriptif, on doit retrouver l'arborescence qui mène du tronc « Fonctions de Service » aux feuilles « **Solutions Technologiques** », en passant par les branches « Fonctions Techniques ».

Le FAST d'un produit donné doit représenter les arbres de **chaque fonction de service** pertinente (celles qui sont susceptibles d'être développées, pour toutes les phases de vie du produit).

Fig.14 : FAST de la fonction de service FS_i

