

■ Analyse fonctionnelle du besoin

L'objectif de ce chapitre est de rappeler la méthode de mise en place du cahier des charges d'un système, en qualifiant et quantifiant chaque fonction de service.

Les étapes successives de l'analyse fonctionnelle du besoin sont :

- l'énoncé du besoin ;
- la définition de l'environnement de l'étude ;
- l'établissement du profil de vie ;
- la détermination et la validation des fonctions ;
- la rédaction du cahier des charges fonctionnel.

I.1 Démarche de l'analyse fonctionnelle du besoin

L'Analyse fonctionnelle est un outil de construction de la qualité en conception (stratégie de qualité totale), détaillé dans la norme AFNOR NF X50-151. Elle se propose d'explicitier la demande du client par une analyse fonctionnelle du besoin (A.F.B.) qui permet d'identifier précisément, en termes de fonctions, les besoins à satisfaire ou les services à rendre. Elle étudie les relations entre :

- le système à concevoir ;
- son environnement ;

de façon à identifier, qualifier et quantifier les attentes du client qu'il faudra satisfaire.

Elle aboutit à la rédaction du cahier des charges fonctionnelles qui contient :

- la description du besoin :
 - énoncé du besoin ;
 - contrôle de validité : étude de la disparition éventuelle ou de l'évolution du besoin ;
- la définition du domaine de responsabilité des intervenants ;
- la définition de l'environnement de l'étude ;
- l'établissement du profil de vie du système ;
- la détermination des fonctions de service et des contraintes (Diagramme des interacteurs) :
 - intitulé des fonctions ;
 - détermination et caractérisation des critères de valeur.

Principes fondamentaux de l'analyse fonctionnelle du besoin :

- la référence au besoin conduit à raisonner du point de vue de l'utilisateur et à poser le problème de manière objective ;
- l'approche fonctionnelle consiste à définir, en termes de fonctions, ce à quoi doit servir l'objet à étudier, sans connaître a priori de solution ;
- la recherche du juste besoin permettant de satisfaire au mieux les exigences du client ;
- le travail en groupe pluridisciplinaire, pour se donner les moyens de mener à bien l'étude en rassemblant les compétences.

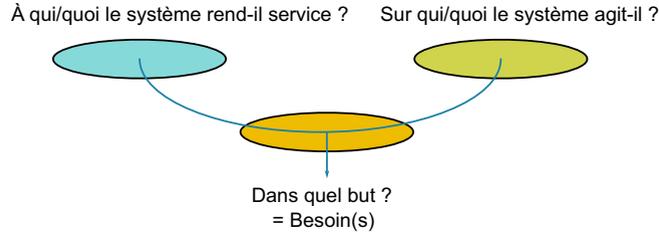
I.1.1 Énoncé du besoin, diagramme APTE

I.1.1.1 Présentation

Il s'agit de décrire le besoin élémentaire en vue duquel le système est envisagé, en répondant aux trois questions qui sont présentées sur le diagramme APTE, ou « bête à corne » présenté sur la page suivante :

- 1- Identifier les utilisateurs du système étudié : à qui le système rend-il service ?
- 2- Identifier ses domaines d'action : sur quoi le système agit-il ? La matière d'œuvre est ce sur quoi agit le système.
- 3- Formuler le but que doit satisfaire le système : dans quel but ? La réponse à cette question constitue le besoin.

Toutes les caractéristiques de la matière d'œuvre doivent être décrites dans un tableau.



I.1.1.2 Exemple

L'exemple traité concerne l'alternateur installé dans un véhicule équipé d'un moteur thermique. Les moteurs thermiques et les véhicules automobiles sont de grands consommateurs d'énergie.

Les consommateurs les plus couramment rencontrés sont :

- pour le moteur :
 - la pompe à eau ;
 - la pompe à huile ;
 - l'alternateur ;
 - l'entraînement des arbres à cames ;
 - éventuellement une pompe à vide ;
 - éventuellement une pompe gazole HP ;
- pour le véhicule :
 - la pompe de direction assistée ;
 - le compresseur de climatisation ;
 - les feux d'éclairage et de signalisation.

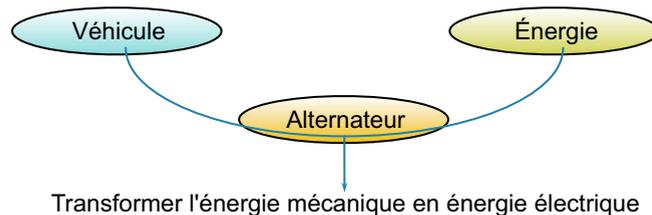
L'énergie mécanique est disponible sur le vilebrequin. La partie la plus importante de la puissance part, du côté embrayage, dans la boîte de vitesses pour assurer les performances du véhicule. L'autre partie de la puissance part à l'autre extrémité du vilebrequin, face distribution du moteur, pour alimenter les différents consommateurs d'énergie. Pour transmettre l'énergie aux accessoires, il existe plusieurs nappes de transmission de puissance. La nappe de l'exemple concerne le compresseur, l'alternateur, la pompe de direction assistée et la pompe à eau.

Le système étudié transforme de l'énergie mécanique en énergie électrique nécessaire pour faire fonctionner le moteur lui-même et certains accessoires.

Il s'agit donc de décrire le besoin élémentaire en vue duquel le système est envisagé. Le diagramme est documenté par un tableau :

À qui/quoi le système rend-il service ?	Sur qui/quoi le système agit-il ?
Le système rend service au moteur et aux accessoires électriques.	Le système agit sur l'énergie.
Dans quel but ?	
Transformer de l'énergie mécanique en énergie électrique.	

Représentation par un diagramme APTE, ou bête à cornes :



Pour le système étudié :

- le besoin : le système rend service au moteur et aux accessoires électriques en agissant sur l'énergie, transformant une partie de l'énergie mécanique fournie par le moteur thermique en énergie électrique ;
- la matière d'œuvre : énergie, caractérisée par une puissance électrique fournie de 2,5kW pour une différence de potentiel de 12V, soit une intensité maximale de 200A.

I.1.2 Contrôle de validité

I.1.2.1 Présentation

Il s'agit d'un questionnement systématique destiné à éprouver le bien-fondé du besoin et la pertinence de sa formulation. Le contrôle de validité est réalisé en répondant à deux questions :

- cause du besoin : pourquoi a-t-on besoin de ce système ?
- but de ce besoin : pour quoi a-t-on besoin de ce système (dans quel but) ?

S'il n'existe pas de réponse à ces deux questions, le système n'a pas de raison d'exister et l'étude est terminée. Dans le cas contraire, le système mérite d'être étudié.

I.1.2.2 Exemple

Pour le système étudié, l'alternateur :

Cause de ce besoin Pourquoi a-t-on besoin de ce système ?	But(s) de ce besoin Pour quoi a-t-on besoin de ce système ?
Le système rend service au moteur et aux accessoires électriques.	Le système agit sur l'énergie.
Parce que : - la seule énergie disponible est celle fournie par le moteur thermique	Parce que : - le moteur thermique a besoin d'énergie électrique pour la gestion de la carburation ; - il est nécessaire de stocker de l'énergie électrique dans la batterie pour le démarrage du moteur ; - les accessoires tels que : <ul style="list-style-type: none"> ▪ dispositifs d'éclairage du véhicule ou de l'habitacle ; ▪ climatisation ; ▪ etc ont besoin d'énergie électrique.

La disparition de la cause et du but de ce besoin n'est pas envisageable actuellement. Le système mérite donc d'être étudié.

I.2 Définir le domaine de responsabilité des intervenants

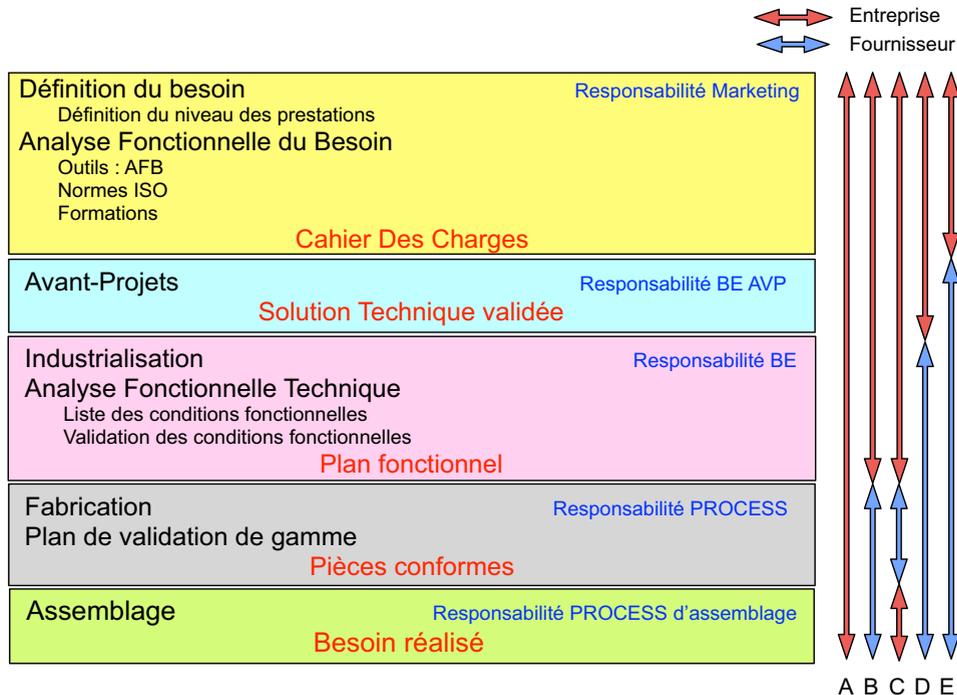
I.2.1 Présentation

Dans la démarche de réalisation d'un produit, il existe plusieurs niveaux de responsabilité représentés schématiquement sur la figure ci-dessous.

On distingue six activités :

- 1- L'analyse fonctionnelle du besoin
 - Cette activité est de la responsabilité du service marketing et a pour but de réaliser le cahier des charges du produit.
 - Les outils utilisés sont :
 - les outils de l'analyse fonctionnelle du besoin ;
 - la norme ISO ;
 - des formations ad-hoc.

- 2- L'avant-projet
 - Cette activité est de la responsabilité du bureau d'études des Avant-projets. La donnée d'entrée est le cahier des charges, le document de sortie est une solution technique d'avant projet réalisant toutes les fonctions de services décrites dans le cahier des charges.
 - Cette activité demande de l'expérience, de la culture technologique, la connaissance des savoir-faire de l'entreprise. En règle générale pour les composants de grande série, les principes des solutions d'avant-projet sont validées par des essais sur prototypes, qui ne préjugent pas de la réalisation en grande série.
- 3- L'industrialisation
 - Cette activité est de la responsabilité du bureau d'études d'industrialisation. La donnée d'entrée est la solution d'avant-projet, validée. Les documents de sortie sont les plans de définition fonctionnels de chaque pièce, respectant la trilogie « Qualité, Coût, Délai ».
 - Cette partie correspond à l'essentiel du contenu de ce livre.
 - L'existence de la solution technique d'avant projet permet de définir des fonctions techniques qui sont essentiellement validées par des chaînes de cotes. Celles-ci conduisent à définir des spécifications ayant des intervalles de tolérance les plus grands possible, réalisables, et à un coût le plus faible.
- 4- La fabrication
 - Cette activité est de la responsabilité du bureau des méthodes et des ateliers de production. Les données d'entrée sont les plans de définition fonctionnels de chaque pièce. Le résultat de cette activité est la réalisation en série de pièces conformes via le plan de validation de gamme.
- 5- L'assemblage.
 - Cette activité est de la responsabilité du PROCESS d'assemblage, ayant comme entrée les pièces conformes, elle réalise la gamme d'assemblage pour mettre en œuvre le produit réalisant le besoin.



L'entreprise peut confier certaines responsabilités à des intervenants extérieurs. La figure montre différents cas possibles, illustrés par les flèches situées à droite de la figure :

- les flèches rouges représentent le domaine de responsabilité de l'entreprise ;
- les flèches bleues représentent le domaine de responsabilité d'un ou de plusieurs intervenants extérieurs.

Le choix intègre plusieurs aspects de la stratégie de l'entreprise :

- stratégie d'intégration : un périmètre étendu favorise la recherche de solutions innovantes, pour le concepteur, via l'intégration de plusieurs fonctions dans une même pièce ;
- définition de qui fait quoi entre l'entreprise et les fournisseurs, correspondant à la volonté de l'entreprise de conserver ou non la maîtrise de certains composants ;
- volonté de standardisation.

Les limites fixées au domaine de responsabilité relèvent d'un choix qui ne répond pas à des règles précises, mais peut être guidé par les préoccupations suivantes :

- le domaine de responsabilité délimite la zone objet de la conception ; les composants voisins sont réputés connus et non modifiables. Il sera défini, avant tout, en termes de responsabilité du concepteur : l'intérieur est de sa responsabilité, l'extérieur non ;
- un domaine trop grand demande beaucoup d'études et d'investigations ;
- un domaine trop petit restreint la recherche de solutions : dans le cas d'une re-conception, il oriente très fortement le concepteur vers une réédition de la solution existante.

I.2.2 Exemples

I.2.2.1 Exemple de l'alternateur

I.2.2.1.1 Pour le concepteur du Groupe Moto-Propulseur (GMP)

Le constructeur automobile décide :

- que l'alternateur est de l'entière responsabilité d'un fournisseur spécialiste ;
- que tous les accessoires sont fixés sur un support-accessoires lié au carter-cylindres ;
- que le support-accessoires est de l'entière responsabilité du concepteur GMP ;

sachant que :

- la puissance disponible est prélevée au niveau du vilebrequin ;
- l'alternateur doit se fixer sur un support-accessoires ;
- l'alternateur doit s'insérer dans l'environnement du GMP.

I.2.2.1.2 Pour le concepteur du fournisseur de l'alternateur

La conception interne du composant est de son entière responsabilité. Elle doit répondre au cahier des charges en terme :

- de performances ;
- d'encombrement ;
- de l'interface avec le support-accessoires.

Cet exemple illustre le cas E de la figure précédente.

I.2.2.2 Exemple des carters de boîte de vitesses

Le responsable du projet de la boîte de vitesses décide que les carters sont de l'entière responsabilité de l'entreprise ;

Cet exemple illustre le cas A de la figure précédente.

I.2.2.3 Exemple du support-accessoires

Le responsable du moteur décide que :

- l'étude du support accessoires est de la responsabilité du bureau d'étude ;
- la fabrication est confiée à un fournisseur ;
- le montage sur le GMP est de la responsabilité de l'entreprise.

Cet exemple illustre le cas C de la figure précédente.

I.3 Définition de l'environnement de l'étude

I.3.1 Présentation

La définition de l'environnement de l'étude consiste à définir l'ensemble des composants situés à proximité de l'objet de l'étude qui sont, a priori, connus et non modifiables.

I.3.2 Exemple

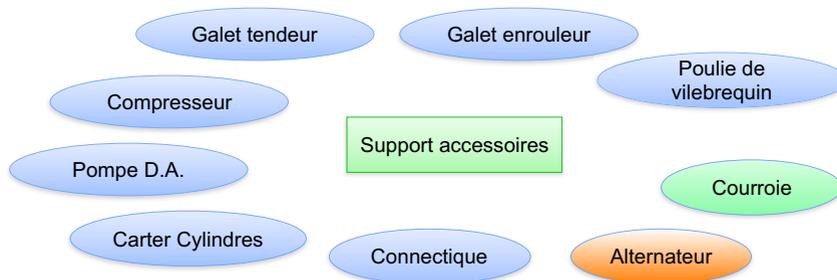
I.3.2.1 Définition de l'environnement pour le concepteur GMP

L'environnement du support-accessoires, comporte :

- le carter-cylindres ;
- le vilebrequin ;
- l'alternateur, sauf l'interface qui sera définie avec le fournisseur ;
- la connectique ;
- le type de la courroie ;
- la pompe de direction assistée ;
- le compresseur de climatisation ;
- le galet tendeur ;
- le galet enrouleur.

La personne qui a la responsabilité du support-accessoires, se préoccupe :

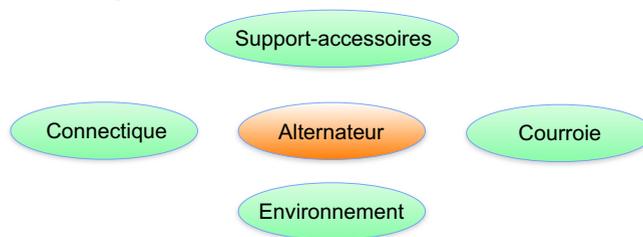
- de la géométrie du support-accessoires ;
- de la mise en place de tous les accessoires sur le support-accessoires ;
- de la longueur et de l'implantation de la courroie.



I.3.2.2 Définition de l'environnement pour le fournisseur de l'alternateur

L'environnement de l'alternateur comporte :

- le support-accessoires ;
- la connectique ;
- le type de la courroie ;
- l'environnement.



I.4 Établissement du profil de vie du système

I.4.1 Présentation

Il s'agit de déterminer :

- les principales phases d'existence du système ;
- les utilisateurs concernés par ces phases ;
- les contraintes associées ;
- s'il s'agit d'une situation d'utilisation ou hors utilisation :

- situations d'utilisation (U) : le système rend service à l'utilisateur. L'ensemble de ces situations constitue le profil de mission ;
- situations hors utilisation (HU).

Le profil de vie est l'ensemble de toutes les phases d'existence du système, de sa naissance à sa disparition.

I.4.2 Outil de capitalisation

La capitalisation s'effectue sous la forme d'un tableau dans lequel les lignes correspondent aux différentes phases de vie et les colonnes aux noms :

- de ces phases ;
- des utilisateurs concernés ;
- des contraintes ou critères mis en œuvre.

Pour la phase où le système est seul :

Phases		Qui est concerné (ou utilisateur)	Contraintes ou critères	U/HU
Système seul	Conception produit et Process	<ul style="list-style-type: none"> - BE constructeur - BE fournisseurs - Méthodes <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pièces brutes ▪ Usinage ▪ Montage 	<ul style="list-style-type: none"> - Qui fait quoi en interne ou en externe, associé à des paramètres définis, pour l'étude ; - Standardisation et normalisation ; - Choix make or buy, contraintes industrielles, pour la réalisation ; - Délai de développement 	HU
	Fabrication	<ul style="list-style-type: none"> - Fournisseurs 		
	Stockage, transport	<ul style="list-style-type: none"> - Usine fournisseur - Transporteur - Usine constructeur 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambiance : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Températures ; ▪ Hygrométries ; ▪ Vibrations. 	
	Montage sur le moteur	<ul style="list-style-type: none"> - Usine de montage constructeur ; - Opérateur ; 	<ul style="list-style-type: none"> - Mode opératoire : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Existe-t-il des réglages ? ▪ Existe-t-il des cotes de montage ? - Temps de cycles ; - Ergonomie du poste d'assemblage ; - Masse du système à manipuler par l'opérateur d'assemblage ; - Moyens disponibles ; - Sécurité ; 	

Pour la phase où le système est monté sur le moteur :

Phases		Qui est concerné (ou utilisateur)	Contraintes ou critères	U/HU
Système monté sur le moteur	Stockage, transport moteur	<ul style="list-style-type: none"> - Usine constructeur - Transporteur - Usine montage véhicules 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambiance : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Températures ; ▪ Hygrométries ; ▪ Vibrations ; - 	HU
	Montage du moteur sur le véhicule	<ul style="list-style-type: none"> - Usine montage véhicules 	<ul style="list-style-type: none"> - Environnement ... 	
	Moteur sur le véhicule, moteur arrêté	<ul style="list-style-type: none"> - Client automobiliste 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambiance ; - ... 	
	Moteur sur le véhicule, en fonctionnement	<ul style="list-style-type: none"> - Client automobiliste 	<ul style="list-style-type: none"> - Niveau de bruit ; - Ambiance ; - Durée de vie ; 	

	Après-vente du système	– Opérateur après-vente	– Diagnostic ; – Réparabilité ; – Démontabilité ; – Temps d'intervention ; – Durée de vie sans intervention ; – Sécurité ;	
--	------------------------	-------------------------	---	--

Pour la phase de fin de vie :

Phases		Qui est concerné (ou utilisateur)	Contraintes ou critères	U/HU
Fin de vie	Démontage	– ?	– Démontabilité ; – Sécurité ...	HU
	Recyclage	– ?	– Séparation des matériaux ...	

I.5 Détermination et quantification des fonctions de service

I.5.1 Présentation

L'objectif est de quantifier les fonctions et les contraintes sous forme de grandeurs physiques mesurables.

I.5.1.1 Recherche des Éléments du Milieu d'Utilisation (EMU)

- L'objectif est de connaître de manière exhaustive le milieu physique dans lequel évolue le système étudié, les éléments du milieu d'utilisation et les relations entre le système et les EMU.
- La Mise en œuvre est faite pour chaque phase d'utilisation (ici : système monté sur le moteur).
- Les éléments du milieu d'utilisation du système étudié se définissent comme les éléments en relation avec le système durant la phase d'utilisation observée.
- La recherche des éléments du milieu d'utilisation se fait de manière intuitive, en faisant appel à toutes les compétences du groupe de travail.

I.5.1.2 Recherche des fonctions de service

L'outil graphique utilisé est le diagramme des interacteurs qui comprend :

- le système étudié, représenté par une ellipse ;
- les Éléments du Milieu d'Utilisation, qui sont en relation avec le système, représentés par des ellipses ;
- des arcs représentant les relations entre le système et les EMU :
 - FS : fonctions d'usage, joignant deux EMU au travers du système étudié ;
 - FC : fonctions de contrainte ou d'adaptation, joignant un EMU au système.

Mise en œuvre :

Sur le profil de vie, choisir une phase d'utilisation :

- définir tous les Éléments du Milieu d'Utilisation concernés par cette phase ;
- mettre en évidence les relations créées par le système entre deux EMU : tracer les fonctions d'usage (ou de service) ;
- rechercher les relations directes qui existent entre le système et un EMU : tracer les fonctions contraintes (ou d'adaptation).

- FS1 : le système permet à l'EMU1 de modifier l'état de l'EMU2 ;
- FC1 : le système doit s'adapter à l'EMU3.

