

I. Le besoin

I.1. Notion de besoin

Dans sa vie quotidienne l'Homme éprouve un ensemble de besoins à satisfaire qui sont de différentes natures:

Les besoins primaires: sont ceux qui sont indispensables à la vie tels que la nourriture, l'habillement,...

Les besoins secondaires: c'est ce qui est nécessaire, mais non indispensable à la survie tels que la lecture, les loisirs...

Les besoins tertiaires: sont ceux qui comprennent le superflu tels que les gadgets, les futilités...

Définition : Le besoin est une nécessité ou un désir éprouvé par un utilisateur.

I.1.1. Différents types de besoin

Du point de vue de l'entreprise le besoin peut être :

- **explicite:** besoins exprimés clairement par le client par le biais d'un document généralement un cahier des charges. ;
- **implicite:** besoins que le client ressent parfaitement mais qui ne sont pas exprimés.
- **latent:** besoins potentiels non encore détectés et auxquels on n'a pas encore de réponse

Exemple : climatisation => besoin exprimé

ABS => besoin implicite, le besoin exprimé est la sécurité

I.2. Notion d'exigence

Définition : L'exigence est un besoin ou une attente pouvant être formulés, habituellement implicites, ou imposés.

Le terme exigence couvre aussi bien les exigences du marché (clients) que celles qui sont internes à l'entreprise et réglementaires.

II. Cycle de vie d'un produit

II.1. Produits

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

II.2. Types de produits

On peut classer les produits en trois types :

Matériel :

- Fluide (gaz ou liquide) exemple Butane, essence, eau
- Matière première : exemple : minerai, bois, sel
- Objet : exemple : ordinateur, réfrigérateur

Processus :

- Processus industriel : exemple :
 - peinture de la carrosserie d'une voiture,
 - extraction d'huiles à partir des olives
- Processus administratif : exemple :
 - l'obtention de la carte d'identité nationale
 - obtention du Baccalauréat ou permis de conduire

Service : activité qui ne produit pas directement de bien concret,

Exemple :

- société de gardiennage,
- banques,

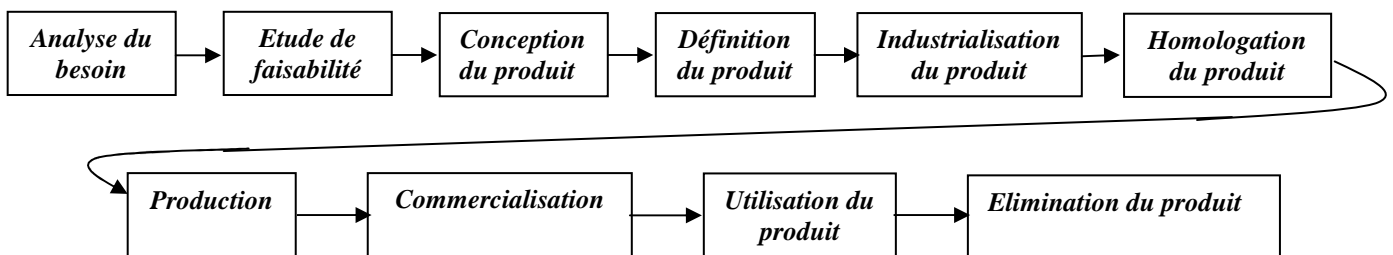
- assurances,
- télécommunications (téléphone et Internet),
- lycée...

Remarque :

Le terme "**système**" est souvent utilisé à la place de celui de "**produit**". En effet, le concept de système a une signification ou connotation plus riche : il regroupe tous les types de produits mentionnés ci-dessus (matériel, service et processus).

I.3. Cycle de vie d'un produit.

Un produit industriel, que qu'il soit, répond pratiquement au même parcours de sa naissance jusqu'à sa disparition. Les différentes étapes de son cycle de vie sont les suivantes :



1. Analyse du besoin

Un produit n'est viable commercialement que s'il satisfait les attentes de l'utilisateur (généralement le client). Il faut donc, avant d'entreprendre toute action d'industrialisation, analyser correctement le besoin de celui-ci.

2. Etude de la faisabilité

Cette étude permet d'exprimer le besoin sous forme fonctionnelle afin d'établir le Cahier des Charges Fonctionnelles (C.d.C.F).

On considère le produit non plus comme un assemblage de pièces mais comme une composition de différentes " Fonctions de Service ".

3. Conception du produit

Pour chacune des " Fonctions de Service " définies dans l'Etude de Faisabilité, il faut rechercher la solution optimum répondant à celles-ci et rédiger le dossier d'Avant-projet (*dessin d'ensemble*).

4. Définition du produit

A partir du Dossier d'Avant-projet, il faut définir chaque pièce constituant le produit selon 2 critères :

- Définition géométrique (étude des formes de la pièce)
- Définition dimensionnelle (cotation)

5. Industrialisation du produit

L'industrialisation permet la préparation à la fabrication du produit en définissant les éléments nécessaires à la production.

6. Homologation du produit

Avant de passer à l'étape de production, le produit subira une phase d'homologation afin de vérifier :

- La cohérence du produit de présérie avec le C.d.C.F. et les normes en vigueur (sécurité, respect de l'environnement...)
- Le bon déroulement du processus d'industrialisation

7. Production

Cette étape concerne la réalisation du produit en tenant compte des délais de production imposés et la bonne qualité du produit défini précédemment.

8. Commercialisation

C'est une des étapes les plus importantes du cycle de vie d'un produit car elle permet le transfert du produit de l'industriel vers le l'utilisateur

9. Utilisation du produit

C'est une étape de suivi et d'évaluation permanente des performances du produit. Ces activités sont réalisées par les services commerciaux et d'après vente en vue d'apporter les remèdes aux défauts constatés et les améliorations qui s'imposent à base des données en lien avec les insatisfactions du client.

10. Elimination du produit

Cette dernière étape du produit revêt une importance croissante dans les préoccupations de l'industriel dans le contexte socio-économique actuel avec la sensibilisation du consommateur envers les problèmes d'environnement.

I.4. Qualité du produit

La qualité d'un produit (ou d'un service) est l'aptitude à satisfaire le besoin du client en assurant les exigences suivantes :

- La conformité à l'usage : la satisfaction d'utilisation du produit
- La sûreté de fonctionnement : décrit la disponibilité d'utilisation du produit et les facteurs qui la conditionnent : la fiabilité, les règles de maintenance et logistique de maintenance,
- Le respect des délais : de fabrication et de livraison.
- L'optimisation du coût : minimisation de la charge ou la dépense supportée par le fabricant.

II. Entreprise industrielle

II.1. Définition

Définition : Une entreprise industrielle est un système de production de **biens** répondant à un **besoin**. Son objectif est de **produire** pour **vendre** afin d'obtenir des **bénéfices**.

Elle est organisée selon un organigramme qui prend en compte la répartition adéquate des tâches entre ses différents départements et services. Cet organigramme varie énormément en passant d'une entreprise classée PME à une filiale de multinationale par exemple.

II.2. Structure

En général on peut distinguer dans une entreprise industrielle:

II.2.1. Les services transversaux

Ce sont les services non liés directement au produit mais indispensables au bon fonctionnement d'une entreprise. Ils sont en relation avec tous les autres services. Il s'agit des services suivants:

a- les services de management:

- Administration : direction, secrétariat,
- Comptabilité : générale, analytique.

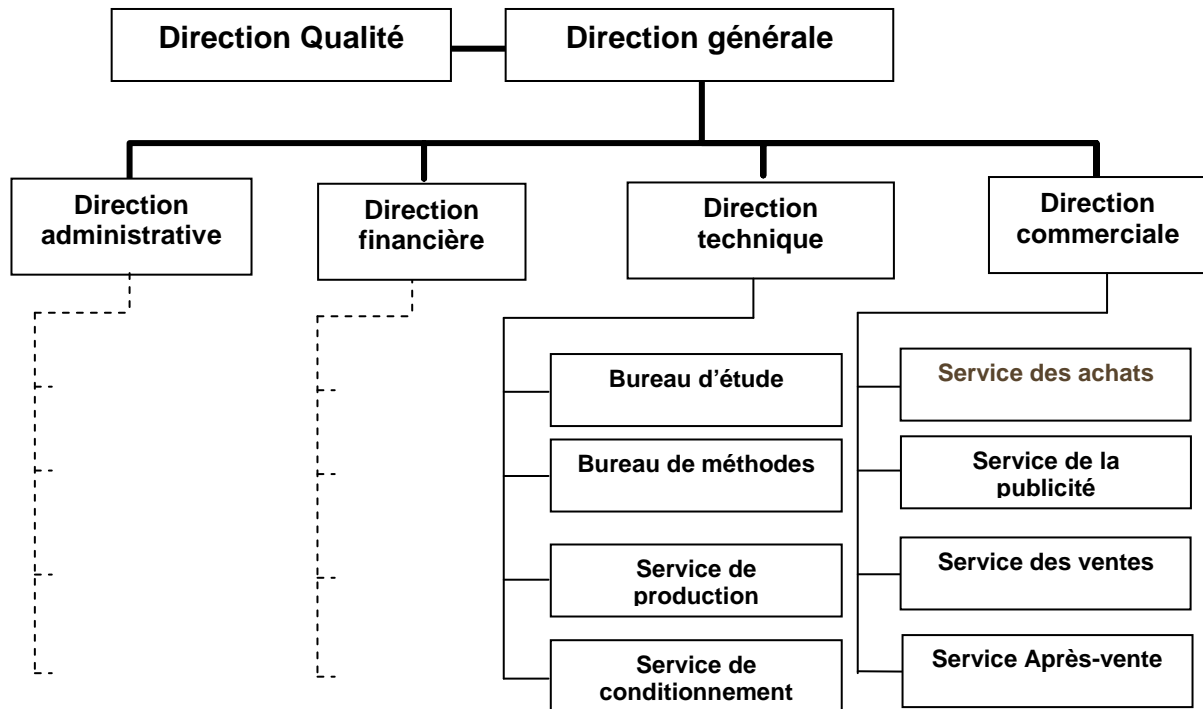
b- les services de support:

- Gestion: du patrimoine, financière, des ressources humaines;

II.2.2. Les services de réalisation

- Marketing (étude du marché) : recherche des besoins, évolution des exigences par rapport à un besoin, dénomination des produits;
- Conception: recherche, étude, développement;
- Production : industrialisation, fabrication;
- Commercialisation (interne à l'entreprise) : promotion, publicité, vente, service après vente;
- Distribution (externe à l'entreprise) : promotion, publicité, vente, service après vente.

Exemple d'organigramme

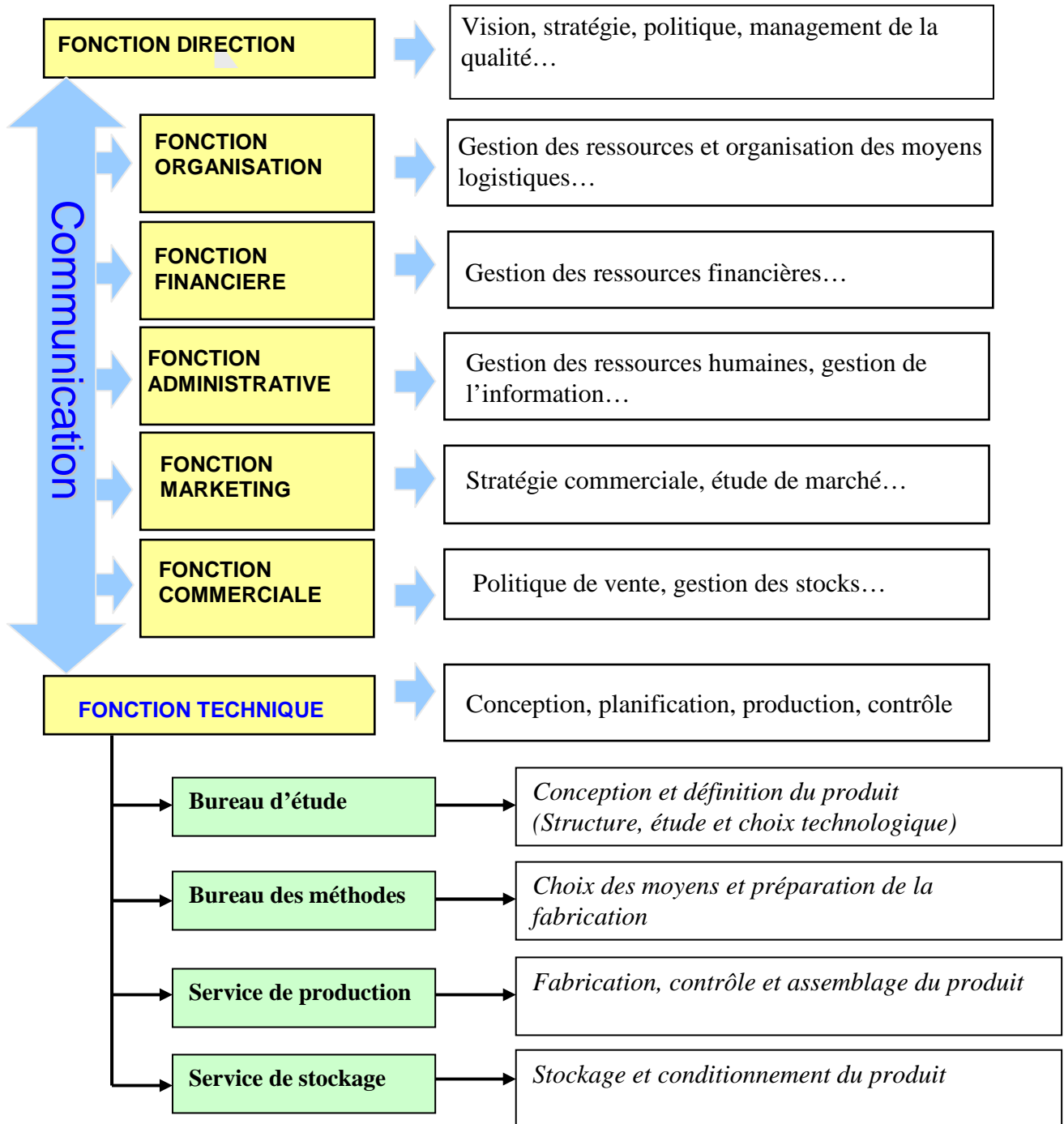


II.3. Fonctions internes

L'entreprise est comme un ensemble hiérarchisé de fonctions. Elle se caractérise en effet par tout un réseau à la fois hiérarchique et technique qui règle son fonctionnement.

L'ensemble hiérarchisé peut être synthétisé selon une multitude de classifications.

La classification ci-dessous en est un exemple:



II.4. Contraintes économiques

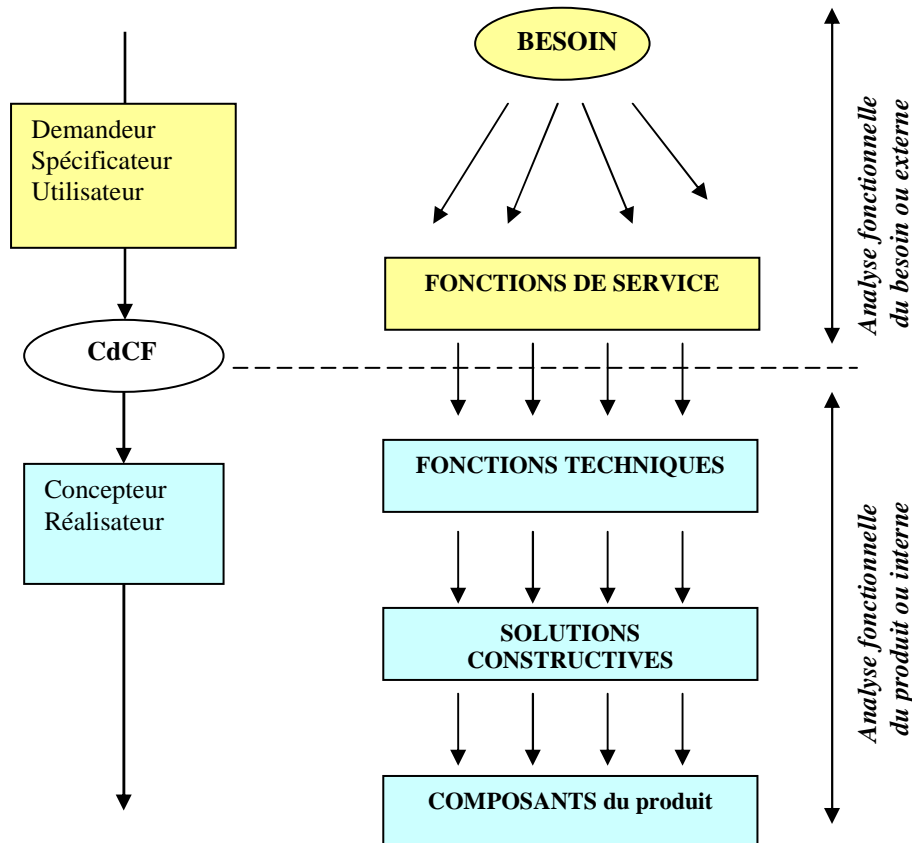
Toute entreprise en général et industrielle en particulier est confrontée, donc, à la **concurrence**. Ainsi pour pouvoir survivre face aux défis du marché, elle doit tenir compte d'un certain nombre de facteurs influençant la qualité de ses produits notamment:

- **optimiser** la gestion des ressources humaines;
- **minimiser** les charges directes et indirectes;
- **rechercher** les solutions optimales en vue d'offrir des produits conformes aux besoins du client.

III. Analyse fonctionnelle

Définition : L'analyse fonctionnelle est une démarche qui consiste à rechercher, ordonner, caractériser, hiérarchiser et/ou valoriser les fonctions.

L'analyse fonctionnelle permet d'utiliser ou d'améliorer ou de créer un produit. Elle est la base de l'établissement du cahier des charges fonctionnel. Selon qu'on s'intéresse aux fonctions de service ou qu'on s'intéresse aux fonctions techniques, on parle, alors, d'analyse fonctionnelle externe ou interne.



III.1. Analyse fonctionnelle externe

L'analyse fonctionnelle externe, décrit le point de vue de l'utilisateur et ne s'intéresse au produit qu'en tant que "boîte noire" capable de fournir des services dans son environnement durant son cycle d'utilisation.

III.1.1. Finalité d'un produit

Pour répondre au besoin, on définit l'action d'un système en termes de sa finalité, c'est à dire en termes de ses fonctions qui rendent service à l'utilisateur. A ce stade, on ne parle pas donc des solutions techniques.

III.1.2. Recherche et formulation du besoin :

Le plus souvent, on utilise les 2 outils ou représentations normalisés suivantes :

- Le diagramme de la "Bête à cornes" ;
- L'Actigramme de la fonction globale.

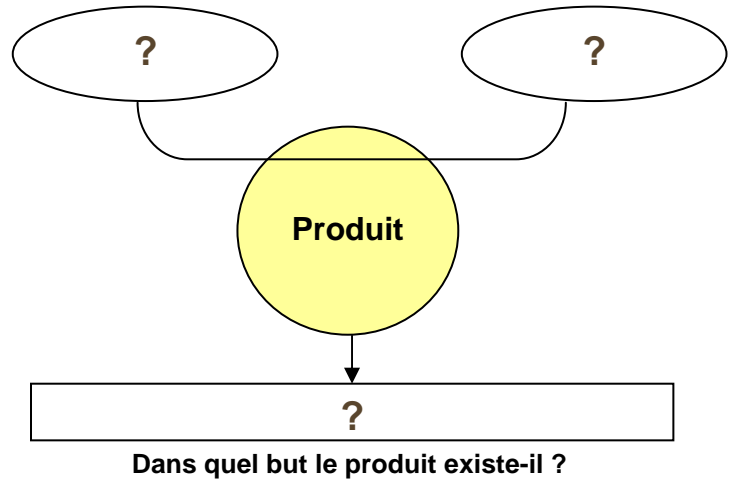
III.1.2.1. Diagramme "Bête à cornes"

A qui le produit rend-il service ?

Sur quoi le produit agit-il ?

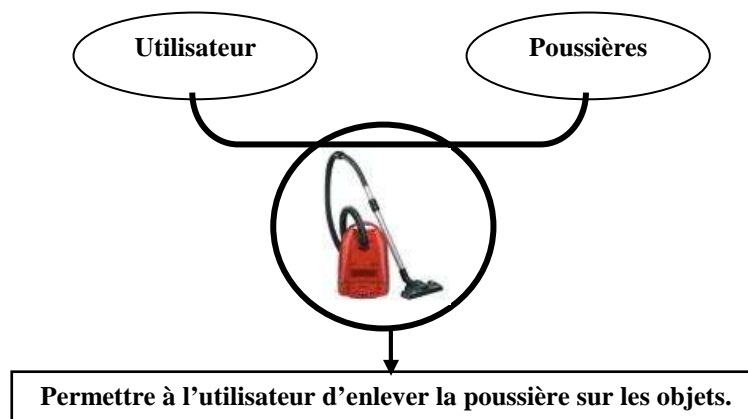
Pour énoncer le besoin fondamental d'un produit, on utilise l'outil ou diagramme de "bête à cornes", qui pose 3 questions fondamentales suivantes :

- *A qui le produit rend-il service ?*
- *Sur quoi agit-il ?*
- *Dans quel but ?*



Dans quel but le produit existe-il ?

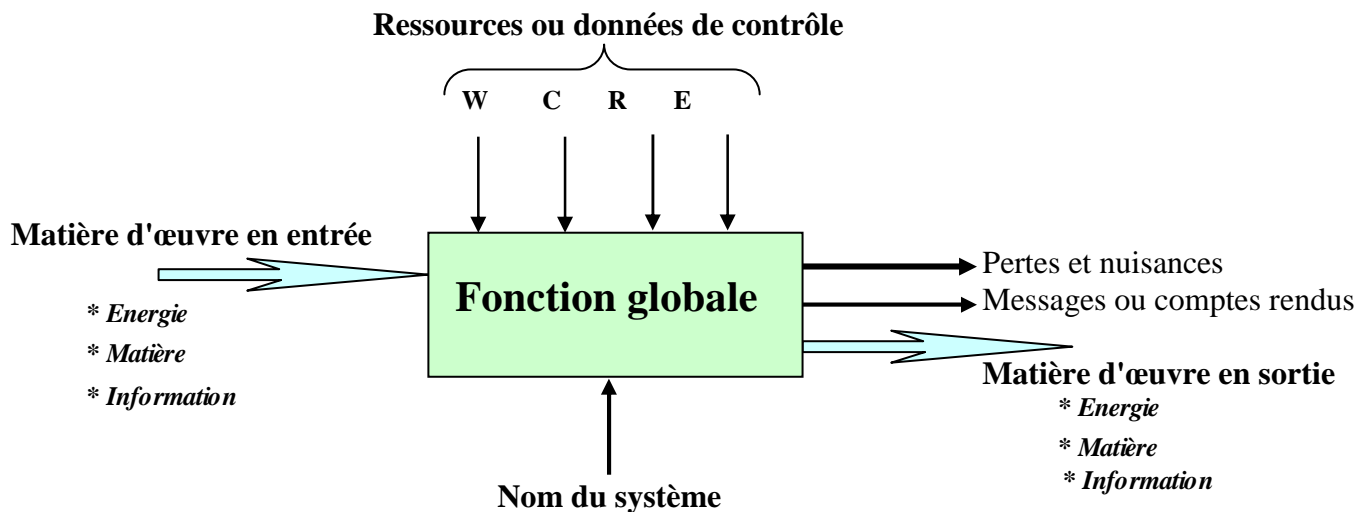
Exemple: Aspirateur ménager



La réponse à la question " Sur quoi le produit agit-il ?" détermine en général **la matière d'œuvre** sur laquelle agit le produit.

III.1.2.2. Actigramme de la fonction globale

Un actigramme est un bloc ou boîte fonctionnelle, qui indique la nature de l'activité d'un système ; il est représenté par un rectangle comme suit :



- **Matière d'œuvre**: c'est ce sur quoi agit le système afin d'en modifier ses caractéristiques ; d'une manière générale, on rencontre 3 types de matière d'œuvre :
 - La matière* : une perceuse agit sur une pièce non percée.
 - L'énergie* : un alternateur transforme de l'énergie potentielle (chute d'eau) en énergie électrique.
 - L'information* : un ordinateur agit des données saisies au clavier ou à partir d'un fichier.
- **Valeur ajoutée** : lors de son passage dans le système, la matière d'œuvre subit une modification ou transformation. On dit que le système lui a apporté de la valeur ajoutée. La valeur ajoutée peut être un *déplacement*, une *transformation*, un *stockage*, etc.
- **Ressources ou données de contrôle** : Ce sont les paramètres qui déclenchent ou modifient le comportement du système. Elles se classent souvent en 4 catégories :
 - Données de contrôle d'énergie (W)* : Présence d'énergie pour effectuer l'action ;
 - Données de contrôle de configuration (C)* : modes de marches (manuel, automatique, pas à pas, etc.) ;
 - Données de contrôle de réglage (R)* : paramètres de vitesse, seuils de déclenchement, etc.
 - Données de contrôle d'exploitation (E)* : Départ de cycle, arrêt, etc.

Puisqu'elles sont implicites, les données de contrôle sont parfois non représentées pour des raisons de simplification de la lecture de l'actigramme.

- **Nom du système** : il est indiqué en bas du rectangle.

III.1.3. Recherche des fonctions de service :

III.1.3.1. Fonctions de service

Définition : La fonction de service est l'action attendue d'un produit (ou réalisée par lui) pour répondre à un élément du besoin d'un utilisateur donné.

Elle est décrite par un verbe à l'infinitif suivi d'un complément ;

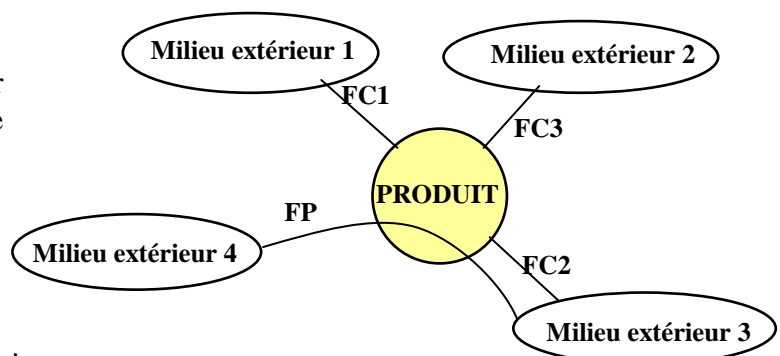
Elle peut être une fonction :

- *d'usage*, car elle justifie le pourquoi de l'utilisation du système ;
- *d'estime*, car elle concerne l'aspect d'esthétisme, de qualité, de coût, etc.

Elle doit faire abstraction de la solution technique qui pourrait la matérialiser.

III.1.3.2. Diagramme "Pieuvre"

Cette recherche consiste à faire figurer sur un graphique les éléments environnants le produit.



On distingue deux types de fonctions de service :

- *les Fonctions Principales (FP)* sont l'expression même du besoin. Chaque FP doit être représentée par une relation entre au moins deux milieux extérieurs via le produit.
- *les Fonctions Contraintes (FC)* représentent toutes les contraintes générées par les milieux extérieurs au produit.

Types de milieu :

En général, les éléments de l'environnement d'un système donné peuvent être des milieux habituels suivants :

- **Milieu physique** : milieu ambiant (vent, humidité, chaleur, poussière, etc.) ;
- **Milieu technique** : énergie électrique (autonomie, recharge ; etc.) ;
- **Milieu humain** : utilisateur (ergonomie, esthétique, bruit, sécurité ; etc.).
- **Milieu économique** : critères de qualité (coût, entretien, maintenance, etc.).

Exemple: Aspirateur ménager

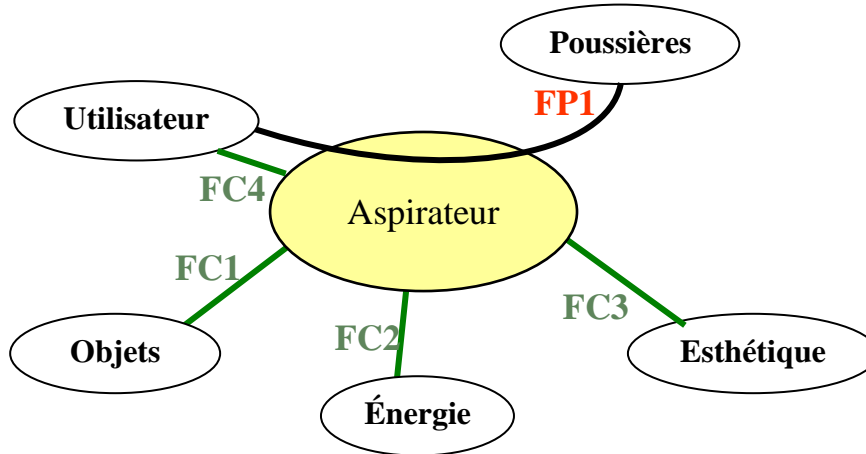


Diagramme des interactions

Liste des fonctions

FP1	Permettre à l'utilisateur d'enlever la poussière sur les objets.
FC1	S'adapter aux formes spécifiques des objets.
FC2	Fonctionner sous la tension secteur.
FC3	Avoir un aspect et une couleur qui s'adaptent au décor environnant.
FC4	Être facilement transportable

III.1.4. Caractérisation des fonctions de service :

La caractérisation consiste à énoncer pour chaque fonction de service (principale ou de contrainte) les critères d'appréciation avec des niveaux et une certaine flexibilité. Cette opération se fait en général sous forme d'un tableau, qu'on appelle "tableau fonctionnel" et qui a le format suivant :

Fonction	Critère	Niveau	Flexibilité

Critère(s): échelle retenue (ex: longueur, poids, temps, couleur,...) pour apprécier la manière dont une fonction est remplie.

Niveau: niveau repéré dans l'échelle adoptée pour un critère (ex: 20 cm, 15 kg, ...)

Flexibilité: modulation tolérée du niveau (ex: à 2cm près)

III.1.5. Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF)

La caractérisation des différentes fonctions de service débouche sur l'écriture de Cahier des Charges Fonctionnelles (CdCF) C'est l'ensemble des données qui représente la référence permanente que tout concepteur doit posséder pour concevoir des solutions, les analyser et effectuer un choix.

III.2. Analyse fonctionnelle interne

L'analyse fonctionnelle interne, décrit le point de vue du concepteur en charge de fournir le produit devant répondre au besoin de l'utilisateur. Lors de cette phase de conception, les fonctions de service ou d'usage vont être obtenues à l'aide de fonctions techniques.

III.2.1 Fonctions techniques

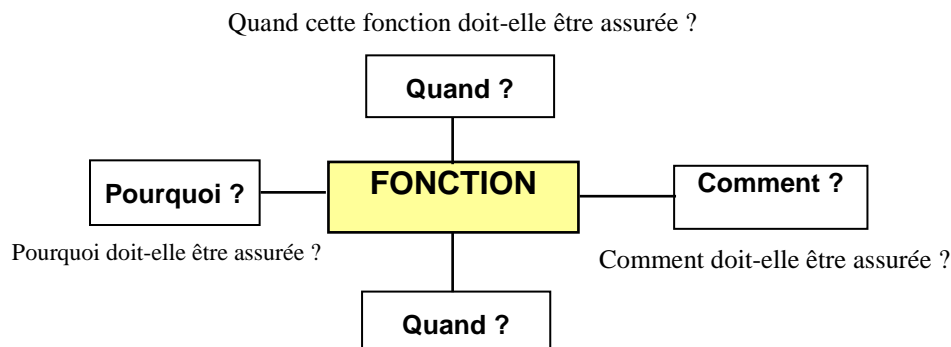
Une fonction technique représente une action interne au système, pour assurer une ou des fonctions de service ; elle est définie par le concepteur. On la qualifie aussi de fonction constructive, parce qu'elle participe à construire techniquement le système.

III.2.2. Recherche des fonctions techniques:

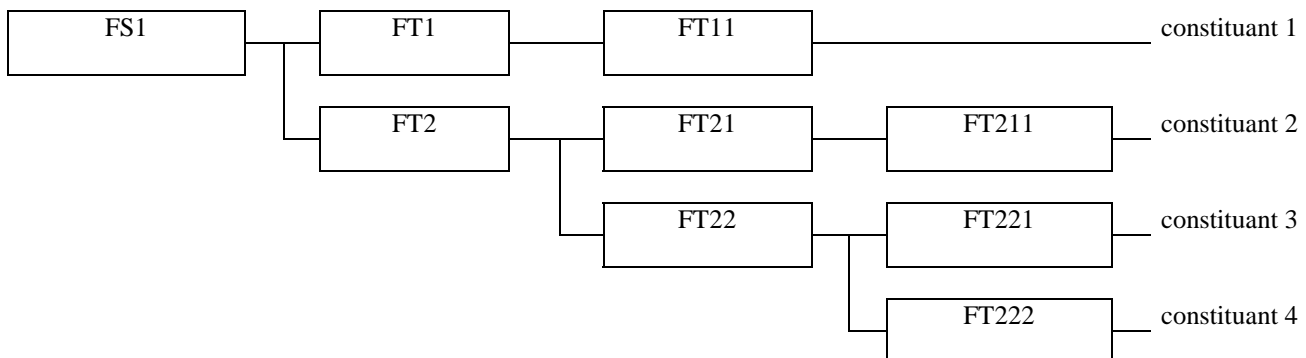
Pour réaliser cette phase d'analyse fonctionnelle du produit, on dispose de plusieurs outils, que nous allons décrire ci-dessous.

III.2.2.1. Diagramme FAST : Function Analysis System Technic.

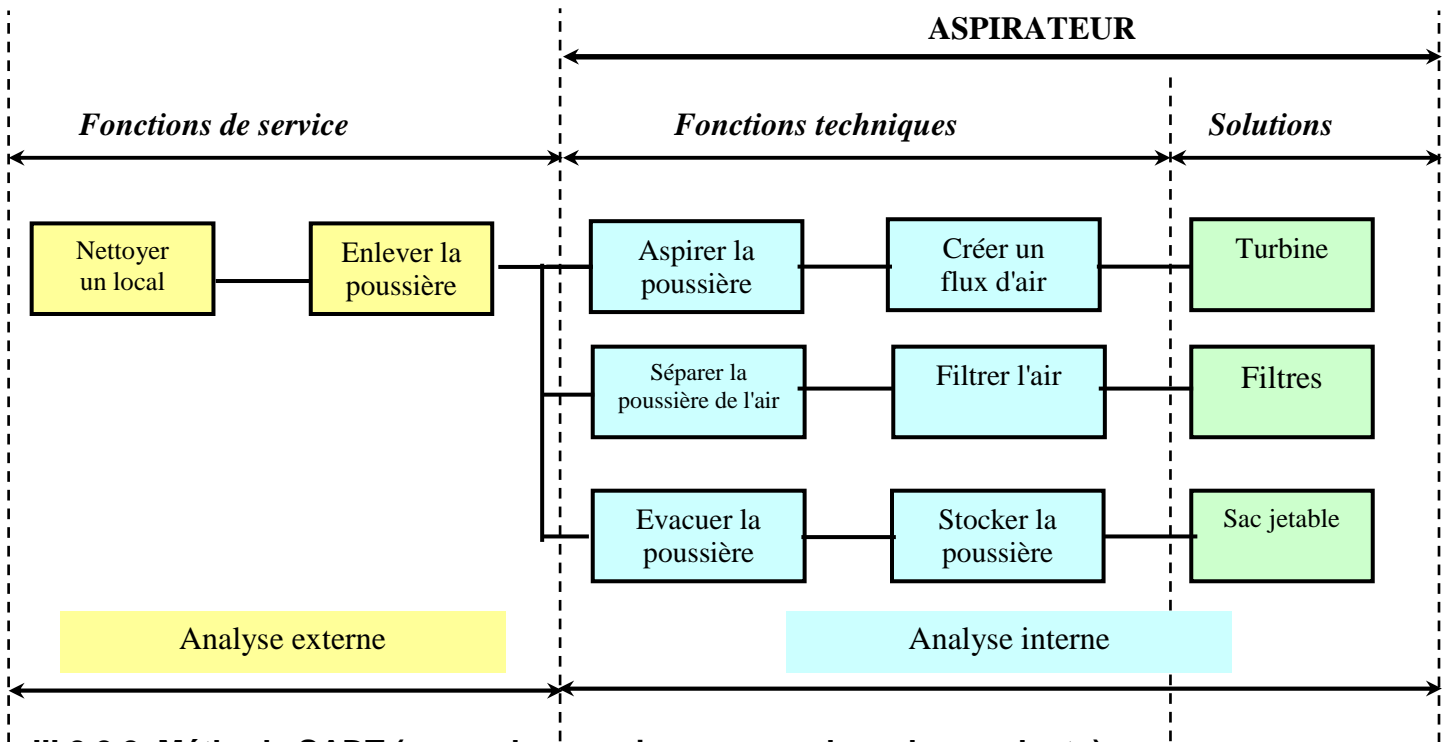
Lorsque les fonctions de services sont identifiées, cette méthode les ordonne et les décompose suivant une logique fonctionnelle pour aboutir (vers la droite) aux solutions technologiques de réalisation. Elle s'appuie sur la technique interrogative suivante :



Fonction de service	Fonctions techniques (plusieurs niveaux possibles)	Solutions constructives
<i>Action sur la matière d'œuvre</i>	<i>Actions sur la matière d'œuvre correspondant aux solutions constructives adoptées</i>	<i>Effecteurs et constituants</i>



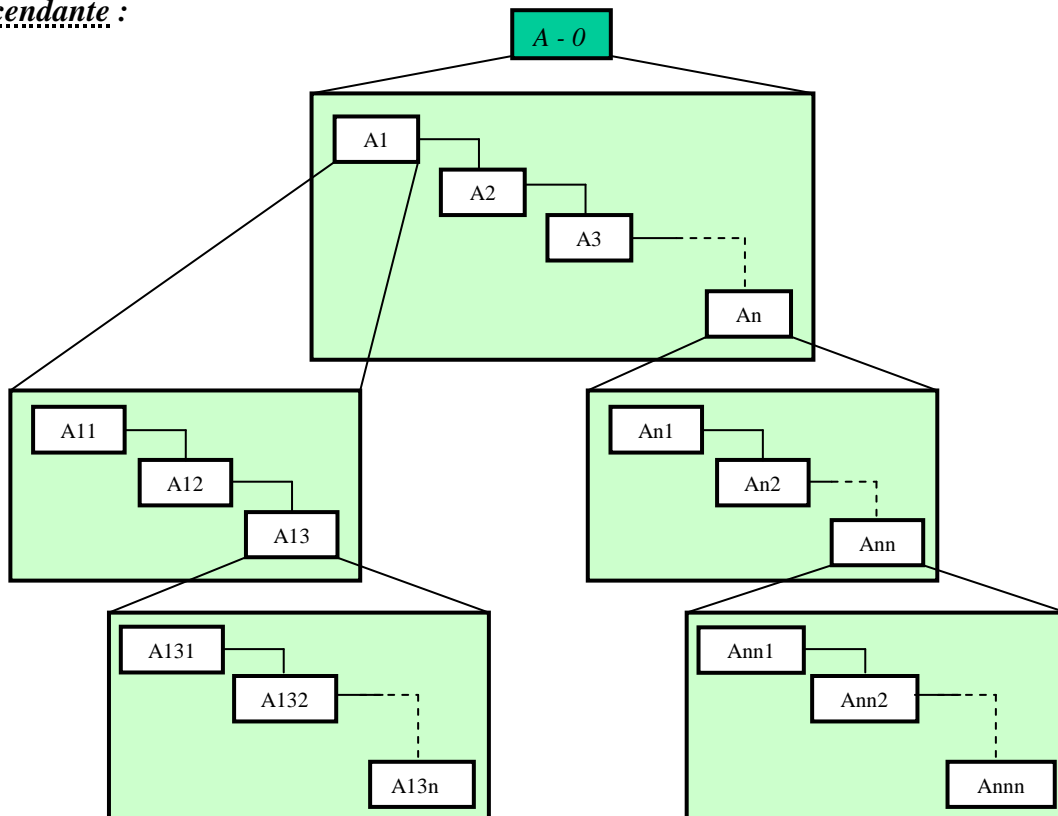
Exemple, le FAST partiel d'un aspirateur :



III.2.2.2. Méthode SADT (approche par niveaux – analyse descendante)

Cette méthode réalise l'étude interne d'un système technique progressivement en la structurant par niveaux. Chaque niveau apporte des informations supplémentaires, qui permettent d'accéder, à partir d'une connaissance externe et abstraite du système, à une connaissance de plus en plus concrète des moyens utilisés pour réaliser la fonction globale (actigramme, niveau A-0 "A moins zéro").

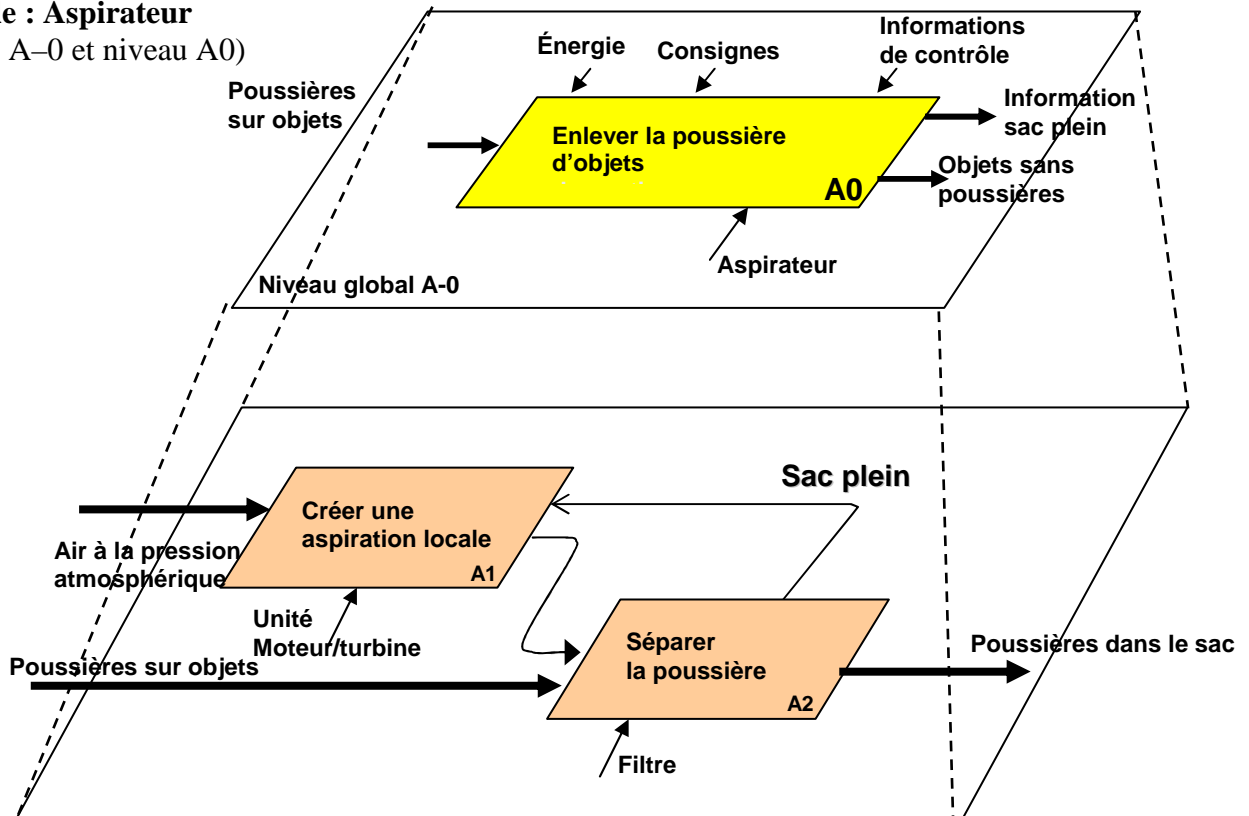
Analyse descendante :



Chaque niveau décompose le système du niveau précédent en sous-systèmes. On doit retrouver les matières d'œuvres et données de contrôle des niveaux précédents.

Exemple : Aspirateur

(Niveau A-0 et niveau A0)

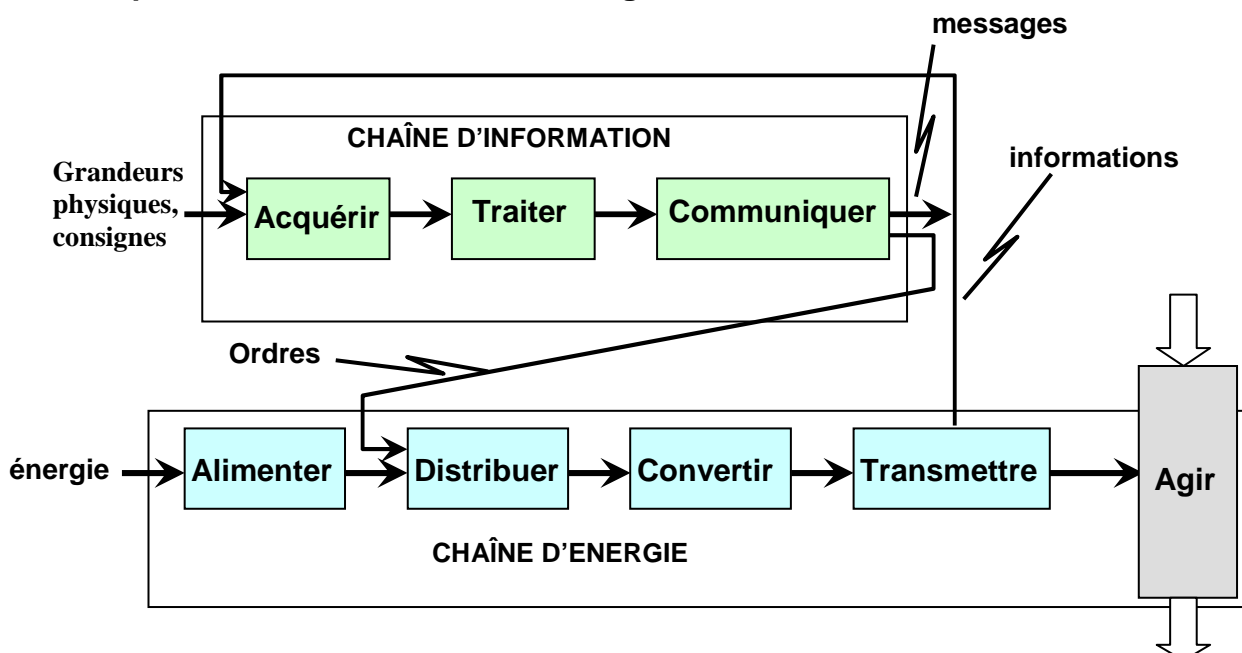


III.3. Organisation fonctionnelle d'un système

L'étude globale des systèmes conduit à distinguer 2 entités :

- La chaîne d'information (qui transfère, stocke, transforme l'information) ;
- La chaîne d'énergie (qui transforme l'énergie et permet d'agir sur le système physique)

III.3.1. Représentation des chaînes d'énergie et d'information:

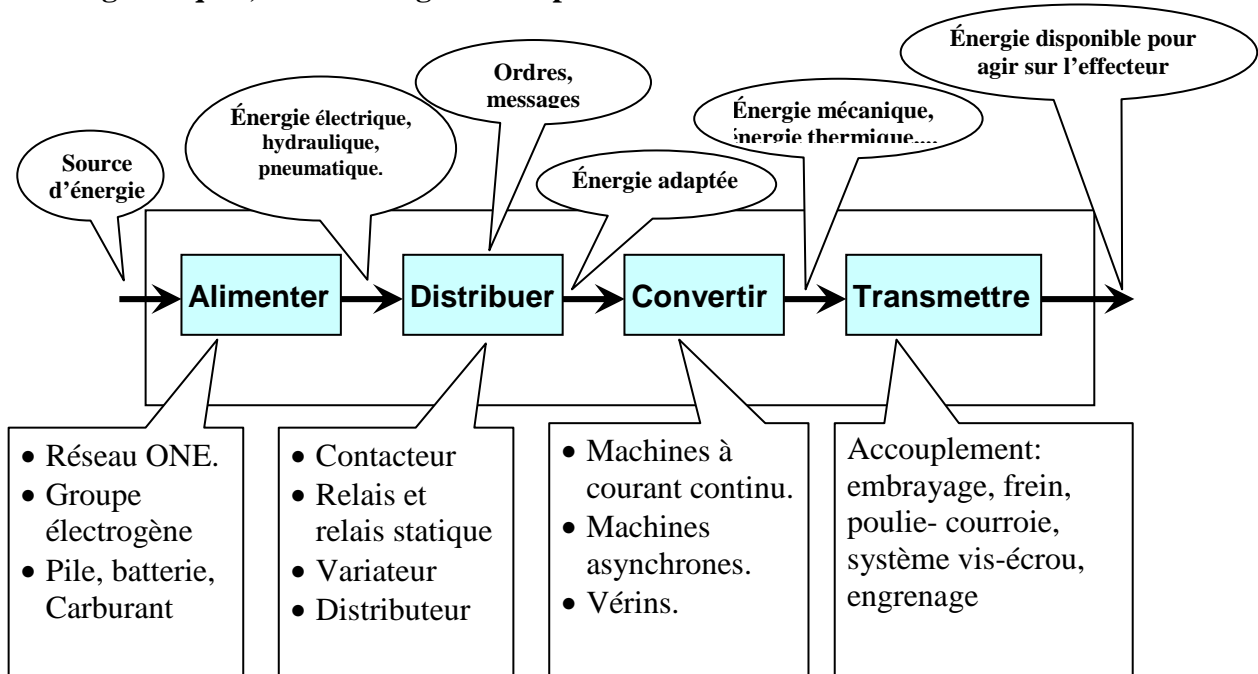


III.3.2. Chaîne d'énergie

Une chaîne d'énergie regroupe les unités réalisant les fonctions génériques : **alimenter, distribuer, convertir et transmettre**.

Elle assure, à partir des ordres élaborés au sein des constituants de l'unité de traitement, les animations nécessaires aux actions sur la matière d'œuvre

Fonctions génériques, flux d'énergie et composants

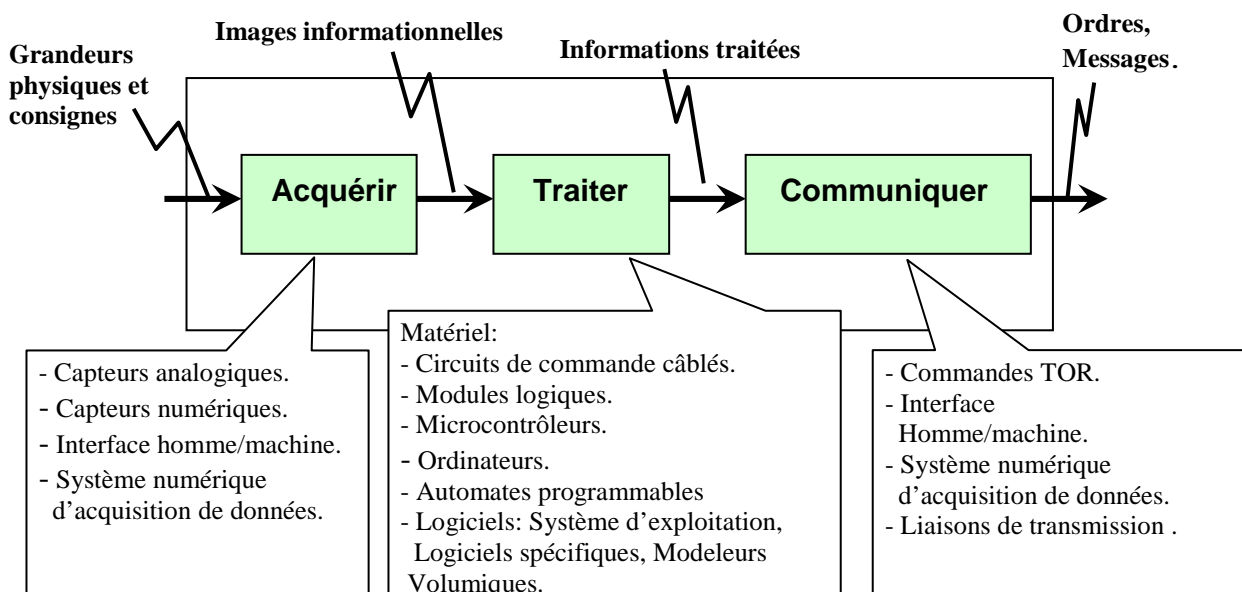


III.3.3. Chaîne d'information

Une chaîne d'information regroupe les unités réalisant les fonctions génériques : **acquérir, traiter et communiquer**.

Sa mission consiste à prélever l'information source et à élaborer son image informationnelle compatible avec les énergies utilisées par l'unité de traitement (pneumatique, électrique, électronique...) et de communiquer le résultat.

Fonctions génériques et flux d'information et composants



III.4. Démarche de projet

La DDP consiste à concevoir, innover, créer et réaliser un produit à partir d'un besoin à satisfaire ; il s'agit à la fois d'un art et d'une science.

Etapes d'une DDP (exemple) :

- **Identification du besoin** : étude de marché, définition du besoin, étude de faisabilité, spécification des tâches.
- **Conceptualisation** : analyse fonctionnelle, exigence (durée de vie, coût, performance, qualité, ...), contraintes (normes, brevets, ...).=> cahier des charges initial
- **Avant-projet** : recherche de différentes solutions => choix d'une (et une seule) solution => rédaction du cahier des charges fonctionnel (CdCF)
- **Projet** : étude détaillée de la solution retenue (conception, notices de calcul, simulations numériques, ...), prototypage, essais et optimisation ; production de plan (dessin technique, notice de montage, de maintenance, ...).
- **Industrialisation (production)** : fabrication, contrôle, assemblage.
- **Logistique** : conditionnement, stockage (au minimum par flux tendu par exemple => voir gestion de production), transport, ...
- **Vente** : distribution, mise en service.
- **Service Après Vente (SAV)** : utilisation, maintenance.

IV. Système technique

Définition : Un système technique est un ensemble d'éléments matériels en relation, organisés pour satisfaire un ou plusieurs besoins.

Un système (produit en général) répond à un besoin éprouvé par l'utilisateur (l'homme).

IV.1. Différents types de système technique.

Prenons l'exemple d'un particulier qui souhaite installer un store de protection solaire sur une des portes vitrées de sa maison. De plus, ce store doit pouvoir être remonté en cas de vent violent.

Il existe différentes solutions pour atteindre ce but.

IV.2. Système technique élémentaire ou manuel.

Le store (*figure 1*) est manœuvré par l'opérateur qui utilise son énergie musculaire pour monter et descendre le store. C'est l'utilisateur qui décide en fonction de la présence du soleil de conduire cette action.

Dans un système élémentaire ou manuel c'est l'homme qui fournit l'énergie nécessaire au système. L'homme agit et contrôle en permanence son action, c'est lui qui dirige la succession des opérations.

IV.3. Système technique mécanisé.

Le store (*figure 2*) est manœuvré par un moteur électrique. L'homme n'agit plus directement sur le produit mais commande le moteur par l'intermédiaire d'un interrupteur. C'est l'utilisateur qui décide encore de monter ou de descendre le store.

Dans un système mécanisé, l'énergie nécessaire à la transformation du produit est fournie par une source extérieure. L'homme commande la succession des opérations.

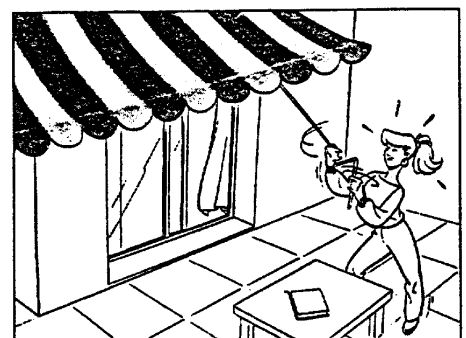


figure 1 : Store manuel



figure 2 : Store mécanisé

IV.4. Système technique automatisé.

L'énergie nécessaire au déplacement du store (*figure 3*) est fournie par un moteur électrique, mais c'est le système qui commande en fonction des conditions climatiques d'abaisser ou de monter le store.

Dans un système automatisé, l'énergie nécessaire à la transformation du produit est fournie par une source extérieure. Un « automate » dirige la succession des opérations. L'homme surveille le système et peut dialoguer avec lui par l'intermédiaire d'un « pupitre ».

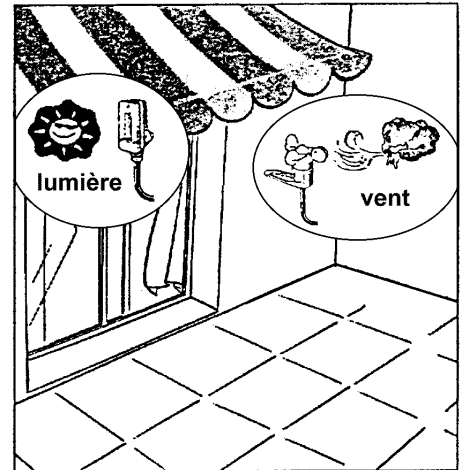


figure 3 : Store Automatisé

IV.5. Structure d'un système automatisé

Tout système automatisé est constitué de deux parties principales :

- La partie opérative ou PO qui assure les modifications de matière d'œuvre et produit ainsi la valeur ajoutée; la PO est représentative du processus physique à automatiser.
- La partie commande ou PC qui gère de façon coordonnée les actionneurs de la partie opérative afin d'obtenir les effets souhaités à partir d'un modèle de fonctionnement et de diverses consignes.

Partie opérative et partie commande échangent entre elles des informations :

- Comptes-rendus dans le sens PO PC ;
- Ordres dans le sens PC PO.

Ces échanges sont assurés par les fonctions internes au système.

