

ETUDE DES SYSTEMES PLURITECHNIQUES

ANALYSE FONCTIONNELLE EXTERNE : il s'agit d'une analyse qui part du besoin pour définir les fonctions attendues d'un produit. Lors de cette analyse, le produit n'existe pas encore, à fortiori aucune solution n'est envisagée. On se place du point de vue du client.

I – HISTOIRE D'UN BESOIN : LE PRODUIT :

1.1- LE BESOIN :

Dans la société d'aujourd'hui, les individus sont amenés à acheter des **PRODUITS**, pour réaliser un rêve, satisfaire une envie ou pour répondre à un **BESOIN**.

Les entreprises réalisent donc des produits pour satisfaire besoin du client. Le client sera content si le produit qu'il achète satisfait son besoin.



Au cours du temps les besoins évoluent : de "répondre à une conformité d'usage (1960)", en passant par "répondre à une conformité de coût (1980)" ou encore "répondre à une exigence d'innovation (1980-1990)", les besoins se tournent aujourd'hui vers une exigence d'environnement. Cette évolution des besoins va de pair avec l'évolution des produits, des **processus** de fabrication des produits... L'entreprise doit anticiper ces évolutions.

- Dictionnaire : "Un besoin est une exigence qui naît de la nature, de la vie sociale ou économique".
- NF X50 – 150 : " Le besoin est le **désir**, ou la **nécessité** éprouvé par un **utilisateur**".

L'analyse du besoin va permettre de caractériser le besoin, pour rédiger le **Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF)**.

1.2-TYPE DE BESOIN :

Les besoins peuvent être de différentes natures :











Besoins primaires ou essentiels	Besoins secondaires	Besoins tertiaires
Besoins indispensables à la survie : nourriture, habillement, hygiène, ...	Tout ce qui est nécessaire mais non indispensable : voyages, divertissement, ...	Choses superflues dont on peut se passer sans répercussion sur notre vie : gadgets, ...

1.3-LE PRODUIT :

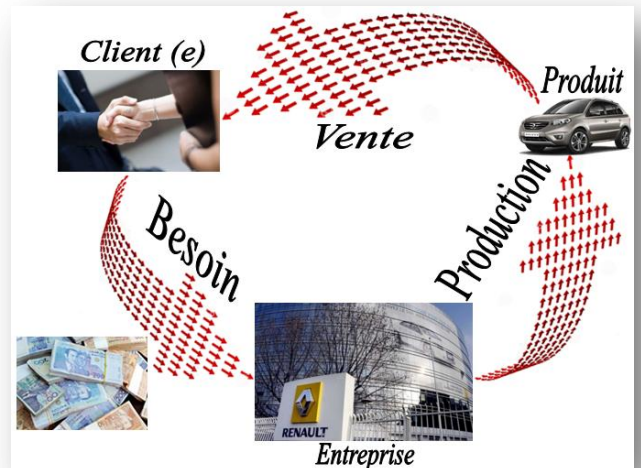
- Un **produit** est une réalisation de l'homme, il n'est pas le fruit de la nature : il a été imaginé et réalisé pour satisfaire un besoin d'un être humain (exemple : une loi, un tableau, une voiture...).
- Un produit est le résultat d'une **activité**. Il peut être :
 - Un **matériel** existant ou à venir (objet, liquide, gaz) ;
 - Une **information** ;
 - Une **énergie** ;
 - Un **service** (ne fournit pas directement de biens concrets) ;
 - Un **processus** administratif ou industriel (enchaînement de tâches aboutissant à un résultat déterminé) ;
- Un produit peut être **unitaire** (fabriqué à l'unité) ou de **série** (fabriqué en grand nombre).
- Un produit peut être **simple** (constitué d'un petit nombre d'éléments) ou **complexe**.

On se limitera dans cette année à l'analyse des produits industriels, c'est-à-dire aux produits qui sont le fruit de l'activité d'homme au sein d'un groupe socialement organisé pour cette réalisation et soumis aux impératifs des techniques et des coûts.

1.4- EXEMPLES DE PRODUIT :

Matériel	Information	Énergie	Service	Processus
 Automobile	 Système de navigation	 Moteur électrique	 Hôpital	 Assemblage des voitures
 Toile de peinture	 Affichage de résultats	 Accumulateur	 Administration	 Préparation des bouteilles

Dans un contexte industriel, le client achète le produit réalisé par l'entreprise. Cependant, le client n'a pas de relation avec l'entreprise sinon au travers du produit qu'il se procure, et des attentes qu'il peut avoir. Le **produit** est bien au cœur de la boucle.



II – EXPRESSION DU BESOIN :

2.1- BESOIN EXPRIMÉ – BESOIN CARACTÉRISÉ :

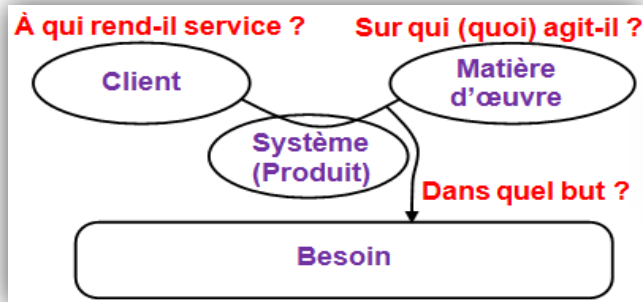
Le client rêve en dehors de toutes contraintes, les enquêtes, les prototypes, l'analyse de la concurrence permettent aux groupes « produits » d'exprimer le besoin du client potentiel : c'est le **besoin exprimé**. Cette première étape est l'*expression du besoin*.

L'analyse du besoin est une méthode qui contribue à la caractérisation du besoin c'est-à-dire la détermination de la grandeur mesurable qui va être modifiée par l'utilisation du produit : c'est le **besoin caractérisé**. De plus, l'analyse du besoin peut générer l'innovation : "Ce qu'un homme a rêvé, un homme peut le faire"

2.2- GRAPHE DES PRESTATIONS – "BÊTE À CORNES"

Un outil de description appelé communément "**bête à cornes**" permet d'exprimer clairement le besoin en répondant à trois questions :

Questions	Réponses (à détailler)
À qui le produit rend-il service ?	À celui qui l'utilise : le client utilisateur (Préciser)
Sur qui (quoi) le produit agit-il ?	Sur l'état d'une matière d'œuvre (Préciser)
Dans quel but ? (pourquoi faire ?)	Pour satisfaire le besoin exprimé (Préciser)



Le système (Produit) agit sur **la matière d'œuvre** en lui apportant une **Valeur ajoutée** et satisfait ainsi **le besoin** exprimé par **l'utilisateur**.

2.3- 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"

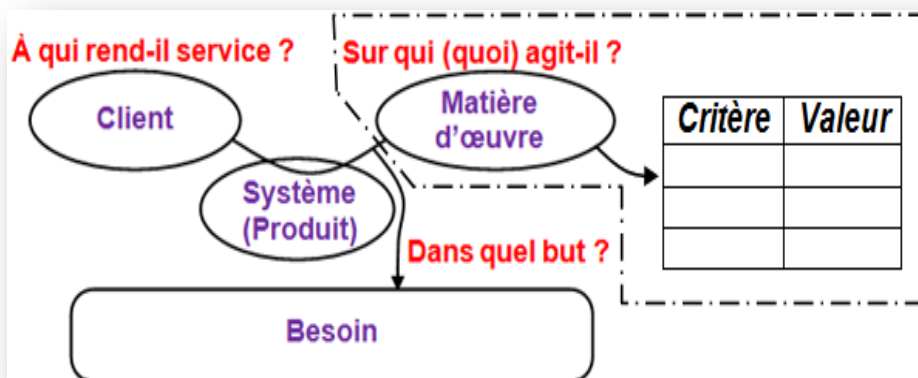
La satisfaction du produit est générée par la modification de l'état d'une matière d'œuvre.

2.4- CARACTÉRISATION DU BESOIN :

L'expression du besoin n'est pas suffisante, l'étape suivante est la caractérisation du besoin : il s'agit de qualifier et quantifier. La caractérisation précise les grandeurs mesurables liées à la matière d'œuvre.

Qualifier : c'est identifier et exprimer le phénomène physique sur lequel le produit va agir et qui va générer la satisfaction du client (la matière d'œuvre).

Quantifier : il s'agit de préciser la métrique qui va permettre d'appréhender l'effet du produit sur le phénomène et de donner le seuil de satisfaction du client. On définit un critère (grandeur physique Mesurable) et on précise une valeur c'est-à-dire un niveau attendu.



La caractérisation permet la validation de la satisfaction du client. Le client sera supposé satisfait lorsque le phénomène physique aura atteint ou dépassé le seuil, le niveau.

Exemple : Segway



Le Segway agit sur les déplacements de l'individu, les phénomènes physiques mesurables sont en particulier la **vitesse** du déplacement, la **distance** possible (en **autonomie**)...

Critère	Valeur
Distance en autonomie	30 Km
Vitesse	De 0 à 20 Km/h
...	...

Remarque :

- Une matière d'œuvre est caractérisée par plusieurs critères.
- Un même besoin exprimé peut être satisfait par la modification de différentes matières d'œuvre. Il est alors caractérisé par plusieurs bêtes à cornes.

2.5- VALIDATION DU BESOIN :

Pour valider l'expression du besoin, il reste à poser trois questions complémentaires :

♦ Pourquoi le produit existe-t-il ?

Cette question permet de valider l'effet de l'utilisation du produit sur la matière d'œuvre. Le produit existe pour faire évoluer la matière d'œuvre.

- (Pour une machine à laver) : - Permettre à l'homme de respecter des principes d'hygiène ;
- Supprimer la tâche du lavage à la main.

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

Cette question permet d'anticiper les évolutions du besoin et valider la stabilité du besoin.

- Machine à laver autonome sans besoin d'apport d'eau, de produits lessiviels, ou encore d'électricité **Le besoin est donc réel et stable.**

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

Cette question permet de valider la pérennité du besoin. Elle assure la pertinence de l'étude qui débute.

- Innovation en matière de fabrication de vêtements et de textiles contre la poussière et la saleté.

2.6- CONCLUSION :

Le besoin est exprimé, et validé, on parle de prestation, il est maintenant possible de procéder à l'Analyse Fonctionnelle du Besoin :

III – ANALYSE FONCTIONNELLE DU BESOIN :

3.1- PRÉSENTATION :

L'analyse fonctionnelle du besoin, permet de caractériser les *Fonctions de Service* attendues et générées par l'usage du produit.

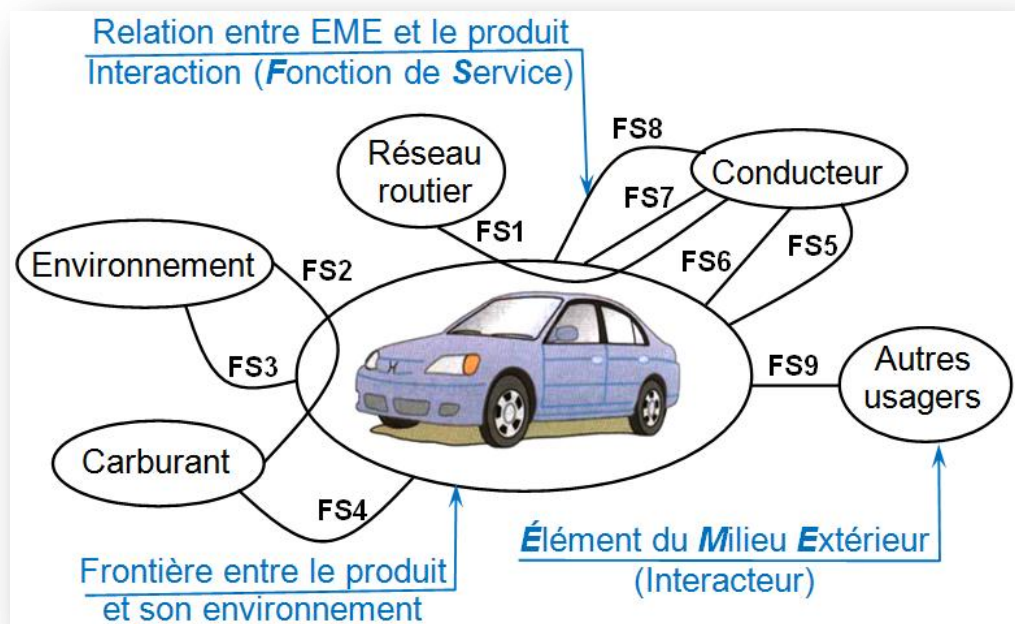
On a vu que le besoin exprimé par le client est satisfait si lors de son utilisation le produit répond à ses attentes. Il s'agit donc d'étudier le *produit en situation d'utilisation*, dans un milieu environnant.

Il faut en particulier imaginer les interactions du produit avec son environnement.

On considère le produit comme "générateur de services", d'où le nom de fonctions de service entre le produit et les éléments du milieu extérieur.

Conséquence : le produit (toujours au stade de concept et non de solution) est au cœur de son environnement. Cet *environnement* est constitué de tous les éléments du milieu extérieur, en relation avec le produit. **La notion de frontière est primordiale.**

Exemple : Voiture hybride

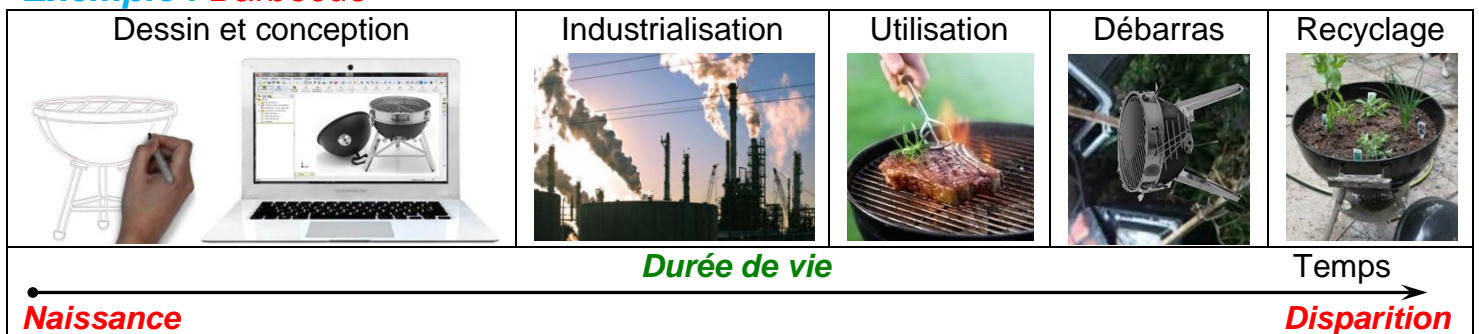


3.2- PHASES ET CYCLE DE VIE DU PRODUIT :

Le cycle de vie d'un produit est défini par ses différentes phases d'utilisation.

Le besoin (la prestation) est différent pour chaque phase, les éléments du milieu extérieur, et les fonctions de service changent également. Une phase se caractérise par la stabilité des fonctions de service.

Exemple : Barbecue



3.3- GRAPHE DES FONCTIONS DE SERVICE : (ou des INTERACTEURS)

Pour une phase d'utilisation

La définition des relations entre le produit et les éléments du milieu extérieur est généralement une "histoire" de spécialistes, qui "racontent" l'utilisation du produit, pour envisager toutes les interactions avec l'extérieur. On peut alors construire le graphe des interacteurs.

➤ Les **Éléments du Milieu Extérieur (EME)** peuvent être de différente nature :

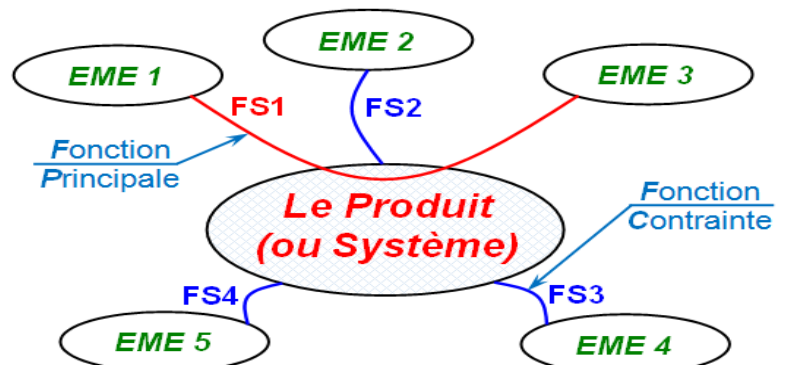
- Physique (relatif à des matériaux, au milieu ambiant...)
- Humain (relatif à l'ergonomie, au poids, à la maintenance...)
- Technique (relatif à la source d'énergie...)

Ils sont nommés afin de pouvoir être identifiés facilement.

➤ Les relations sont les **fonctions de service** du produit.

- Relations entre deux **EME** (ou plus) par l'intermédiaire du produit : ce sont les **Fonctions Principales**. Elles satisfont le besoin, elles assurent la prestation.
- Relation entre un **EME** et le produit, ce sont des **Fonctions Contraintes** ou **fonctions secondaires**. Elles caractérisent l'adaptation et l'action du produit à l'environnement ou les contraintes de l'environnement sur le produit.

Les fonctions de services sont numérotées.

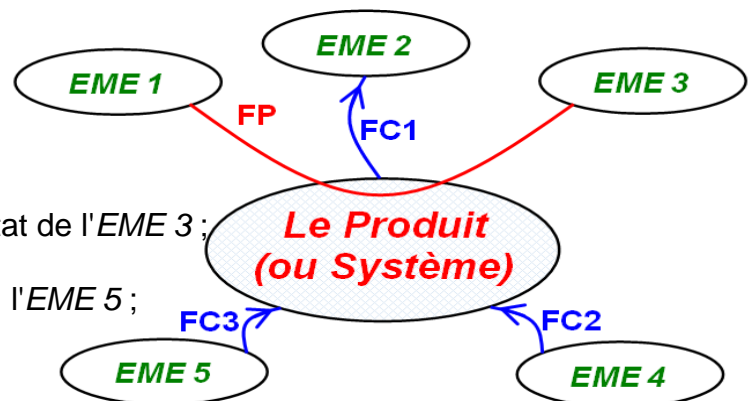


Remarque : Bien que les relations ne soient pas orientées, on peut distinguer :

- Les relations qui indiquent que le produit modifie l'état de l'EME ;
- Les relations qui indiquent que le produit est modifié par l'EME ;

Ainsi par exemple :

- **FP** : le produit permet à l'EME 1 de modifier l'état de l'EME 3 ;
- **FC1** : le produit modifie l'état de l'EME 2 ;
- **FC2 ; FC3** : le produit est modifié par l'EME 4 ; l'EME 5 ;



La formulation des fonctions de service est normalisée : un verbe ou un groupe verbal pour caractériser l'action ; des compléments représentant les éléments du milieu extérieur concernés.

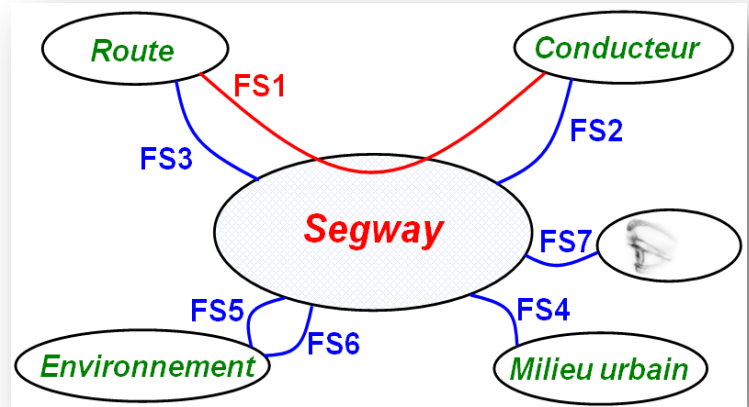
La Norme dit (NF X 50 – 150)

- "Une fonction est l'action d'un produit exprimé exclusivement en terme de finalité"
 - ♦ La formulation doit être indépendante des solutions susceptibles de la réaliser.
- "Une 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"
 - ♦ Il faut souvent plusieurs fonctions de service pour répondre à un besoin ;
 - ♦ Les fonctions de service comprennent les **Fonctions d'Usage (FU)** liées à l'utilisation du produit et les **Fonctions d'Estime (FE)** qui ont un impact affectif sur l'utilisateur (esthétique, ...).

Remarque : le graphe des interacteurs est établi pour une phase d'utilisation, au cours de la durée de vie d'un produit, il y aura donc autant de graphes que de phases.

Exemple : Segway

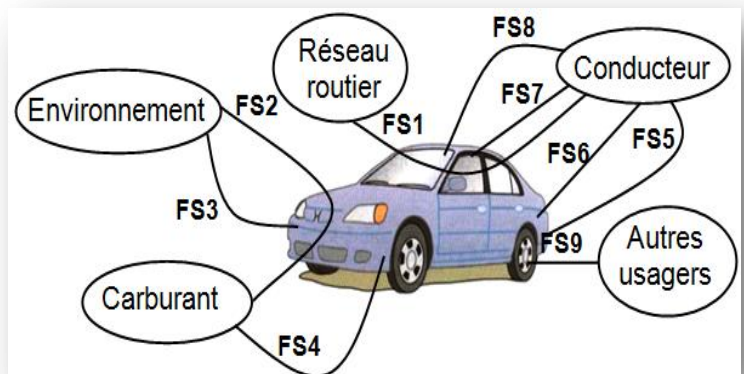
Fonction	Explication de la fonction
FS1	Permettre au conducteur de se déplacer aisément sur la route
FS2	Donner au conducteur une sensation de stabilité
FS3	Rester insensible aux perturbations provenant de la route
FS4	Rester manœuvrable dans la circulation
FS5	Être peu encombrant
FS6	Contribuer au respect de l'environnement
FS7	Être esthétique



Exemple : Voiture hybride

On se place en situation normale d'utilisation (situation de roulage).
Les fonctions de services sont :

Fonction	Explication de la fonction
FS1	Déplacer le conducteur
FS2	Respecter l'environnement
FS3	Résister aux agressions du milieu environnant
FS4	Avoir une autonomie suffisante
FS5	Sécuriser le conducteur
FS6	Être agréable à l'œil
FS7	Être confortable
FS8	Avoir un prix raisonnable
FS9	Respecter les autres usagers et se faire respecter des autres usagers

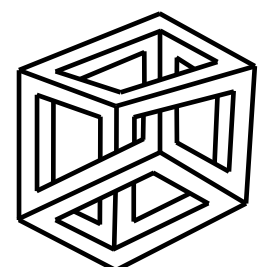


3.4- Classement par importance :

- ◆ Les **fonctions de services** peuvent être classées selon leur **importance** :
 - les **fonctions principales (FP)** justifient la **création** du produit, et qui sont en **relation** entre **deux** ou plusieurs **composantes** du milieu environnement par **l'intermédiaire** du **produit**.
 - les **fonctions contraintes (FC)** limitent la **liberté** du concepteur, qui sont des **relations** directe entre le **produit** et un **élément** du **milieu extérieur**.
- ◆ La fonction pour laquelle le produit a été créé est une fonction principale ou **fonction de base**.

Un véhicule doit bien sûr, permettre de déplacer le conducteur, cette fonction met en relation le conducteur et le réseau routier, FS1 est une **fonction principale (FP)** puisqu'elle justifie l'existence du produit. **La fonction de base** d'une automobile est **FS1** qui devient **FP1**.

Consommer peu de carburant est un argument de vente primordial qui impose aux constructeurs certaines obligations (comme l'amélioration des motorisations ...). Cette obligation met directement en relation le véhicule et le carburant, FS4 est une **fonction contrainte (FC)**.



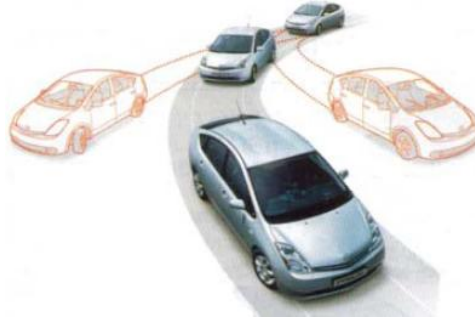
3.5- Classement par nature :

- ◆ Les fonctions peuvent également être classées par **nature** :
 - les Fonctions **d'Usage (FU)** (Souvent FP ou FC) liées à l'utilisation du produit ;
 - les Fonctions **d'Estimes (FE)** (Souvent FC) qui ont un impact affectif sur l'utilisateur (plaire ou être agréable à l'utilisateur) (esthétique, style, image ...).
- ◆ Les fonctions ainsi définies permettent au client **d'apprécier la valeur** (d'usage ou d'estime) qu'il attribue au produit (valeur d'un produit) et pour lesquelles il est prêt à un sacrifice pécuniaire.

Exemple1 : Les fonctions d'usage et d'estime d'une automobile



ABS : système de freinage antiblocage :
Aide à conserver la maîtrise du véhicule en cas de freinage brusque ou sur route glissant.
 C'est une fonction **d'usage**.



Contrôle de stabilité du véhicule :
 Intervient en parallèle à la direction assistée pour **aider le conducteur à conserver la maîtrise de la voiture**.
 C'est une fonction **d'usage**.



Être agréable à l'œil.
 C'est une fonction **d'estime**.

Exemple 2 : Les fonctions d'usage et d'estime d'une paire de lunette de correction

Corriger la vue. C'est une fonction **d'usage**.
 Avoir une image agréable. C'est une fonction **d'estime**.

Compléter le classement des fonctions de service en mettant une croix dans la réponse juste.

Exemple : Segway

FS	Explication de la fonction	FP	FC	FU	FE
FS1	Permettre au conducteur de se déplacer aisément sur la route				
FS2	Donner au conducteur une sensation de stabilité				
FS3	Rester insensible aux perturbations provenant de la route				
FS4	Rester manœuvrable dans la circulation				
FS5	Être peu encombrant				
FS6	Contribuer au respect de l'environnement				
FS7	Être esthétique				

Exemple : Voiture hybride

FS	Explication de la fonction	FP	FC	FU	FE
FS1	Déplacer le conducteur				
FS2	Respecter l'environnement				
FS3	Résister aux agressions du milieu environnant				
FS4	Avoir une autonomie suffisante				
FS5	Sécuriser le conducteur				
FS6	Être agréable à l'œil				
FS7	Être confortable				
FS8	Avoir un prix raisonnable				
FS9	Respecter les autres usagers et se faire respecter des autres usagers				

4- CARACTÉRISATION DES FONCTIONS DE SERVICE ATTENDUES :

Les **fonctions** ont été définies dans la phase précédente. Il est nécessaire de définir les **critères d'appréciation** de chaque fonction, le **niveau de chaque critère**, ainsi que sa **flexibilité**.

La Norme (NF X 50 – 150)

FONCTION	CRITÈRES	NIVEAUX	FLEXIBILITÉ		
			Classe	Limites d'acceptation	Taux d'échange

- ♦ **Critères d'appréciation** : Caractère retenu pour apprécier la manière dont une fonction est remplie ou une contrainte respectée. (Durabilité, maintenabilité, vitesse, consommation, bruit de fonctionnement, rayon d'action, etc...)
Pour une même fonction, il peut y avoir plusieurs critères d'appréciation de nature différente.
- ♦ **Niveau d'un critère** : Grandeur repérée dans une échelle adoptée pour un critère d'appréciation d'une fonction (valeur recherchée "4,3 l pour 100 km" ou obtenue).
- ♦ **Flexibilité** : Ensemble d'indications exprimées par le demandeur sur les possibilités de moduler le niveau recherché pour un critère d'appréciation.

Les classes de flexibilités sont répartir en 4 classes :

- **Classe de flexibilité** : c'est une indication **littérale**, placée auprès du niveau d'un critère d'appréciation permettant de préciser son degré de négociabilité ou d'impérativité.

Flexibilité	Symbole	Classe	Commentaire
Null	F0	Impératif	Aucun écart du critère d'appréciation n'est toléré.
Faible	F1	Peu négociable	La performance est reconnue comme nécessaire par les spécifications. A ne remettre en cause qu'avec une très forte contrainte ou contrepartie.
Moyenne	F2	Négociable	La performance est connue du spécificateur mais pouvant être réexaminée.
Forte	F3	Très négociable	Le niveau peut être ajusté pour améliorer la compétitivité globale du produit.

- **Limites d'acceptation** : niveau de critère d'appréciation au-delà duquel le besoin est jugé non satisfait.
- **Taux d'échange** : rapport déclaré acceptable par le demandeur entre la variation du prix et la variation correspondante du niveau d'un critère d'appréciation.

Exemple : Voiture hybride

FS	Critère	Niveau	Flexibilité
FS1	Vitesse maximale	170 km/h	+0 ; -10 km/h (F3)
	Temps d'accélération de 0 à 100 km/h	15 s	±2 s (F2)
	Temps d'accélération de 50 à 80 km/h	6 s	±0,5 s (F2)
FS2	Réduction des émissions nocives de CO ₂	< 120 g/km de CO ₂	90 g/km minimum (F3)
	Réduction du bruit	< 74 dB	50 dB minimum (F2)
FS5	Système de freinage ABS	4 roues	2 minimum (F3)
	Système airbag	6	(F3)
	Contrôle de stabilité	Lié à la direction assistée	(F2)
FS7	Climatisation, direction assistée, confort, ...	Automatique, orientable	(F3)
FS3	Résistance à la corrosion, au rayonnement	5 ans	(F1)
FS4	Consommation de carburant	< 5 l /100 km	(F1)
FS8	Prix d'achat	28 7000 DH	-10% (F3)
FS9	Alarme	5 s	Neutraliser manuelle (F2)
FS6	Forme, couleur	Standard	

Remarque : ♦ On peut utiliser un tableau usuel (simplifié)

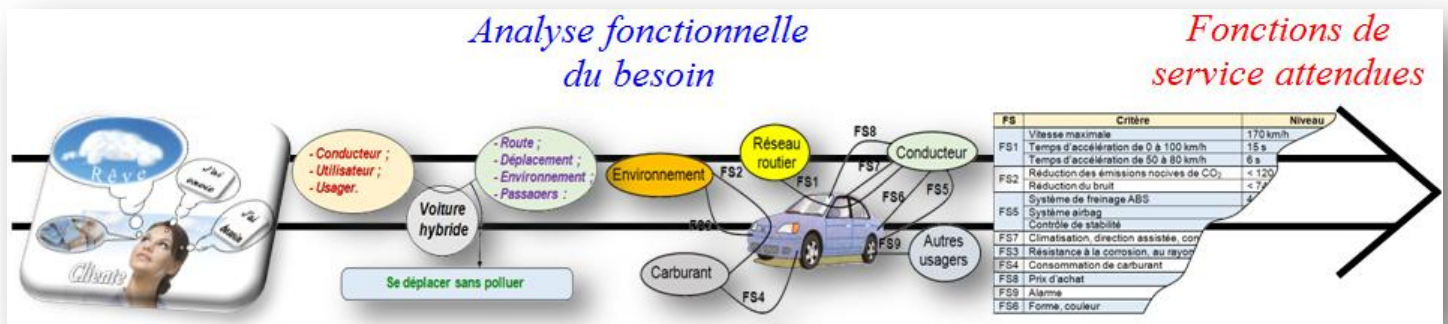
Exemple : Segway

FONCTION	CRITÈRES	NIVEAUX		
FS4 : Rester manœuvrable dans la circulation	Dérapiage	Aucun		
	Basculement	Aucun		
	Rayon de virage minimum admissible	Vitesse	Rayon minimum	
		5 km/h	0,5 m	
		10 km/h	2,5 m	
20 km/h	10 m			

- ♦ Les éléments du milieu extérieur doivent aussi être caractérisés, à l'aide de critères et de niveaux.
- ♦ Comme pour le besoin, les fonctions de service sont ensuite validées.

5. CONCLUSION : CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL (CdCF):

Le **Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF)** représente l'ensemble des graphes des fonctions de service caractérisées, ainsi que les caractéristiques des Éléments du Milieu Extérieur, et ce pour chaque phase du produit, de la naissance jusqu'au recyclage.

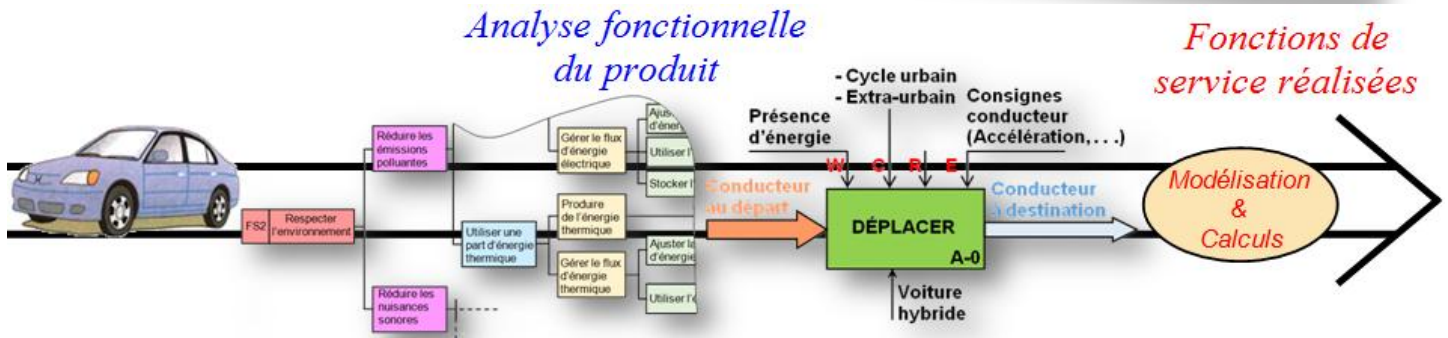


Définition : Le **Cahier des Charges Fonctionnel** est un document par lequel le demandeur exprime son besoin en termes de fonctions de service.

Voici un **CdCF** relatif au véhicule de l'**Exemple Voiture hybride** :

- ♦ Réaliser un véhicule de déplacement en respectant la nature et en sécurisant l'utilisateur ;
- ♦ Le point de vue esthétique n'a aucune importance.

ANALYSE FONCTIONNELLE INTERNE : il s'agit cette fois de l'étude des fonctions de service réalisées (et non plus attendues) à partir des solutions techniques proposées par l'entreprise pour réaliser le produit. On se place du point de vue du concepteur.



6- IDENTIFICATION DES SOLUTIONS CONSTRUCTIVES D'UN PRODUIT

Analyse fonctionnelle **interne** permet en partant des résultats de l'analyse fonctionnelle **externe** et de répondre à la question : Comment le produit fonctionne-t-il ? C'est-à-dire :

➤ **Quelles sont les fonctions techniques qui assurent les fonctions de service ?**

Les fonctions techniques sont définies par plusieurs outils. On se limitera à l'outil (**FAST** et **SADT**)

FAST : diagramme de décomposition fonctionnelle (**F**onctionnel **A**nalysis **S**ystem **T**echnic)

SADT : diagramme d'activité (**S**tructured **A**nalysis and **D**esign **T**echnic) (Voir "Systèmes techniques")

➤ **Quels constituants (ou composants) ont été choisis pour réaliser les fonctions techniques ?**

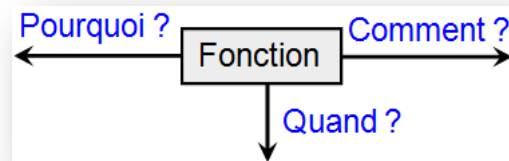
6.1- DIAGRAMME 'FAST' :

La FAST est un outil graphique qui permet de détailler les fonctions techniques et les solutions associées.

Organisé de la gauche vers la droite, partant d'une fonction de service, le diagramme FAST recense toutes les fonctions techniques et pour finir il présente les solutions technologiques retenues.

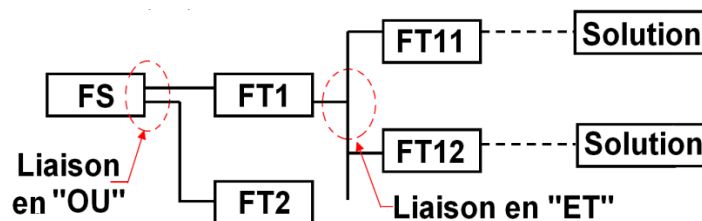
Il est basé sur une méthode interrogative : pour chaque fonction technique indiquée dans un rectangle on doit pouvoir trouver autour les réponses aux questions définies ci-dessous :

- ♦ **Pourquoi** une fonction doit-elle être assurée ?
- ♦ **Comment** cette fonction doit-elle être assurée ?
- ♦ **Quand** cette fonction doit-elle être assurée ?

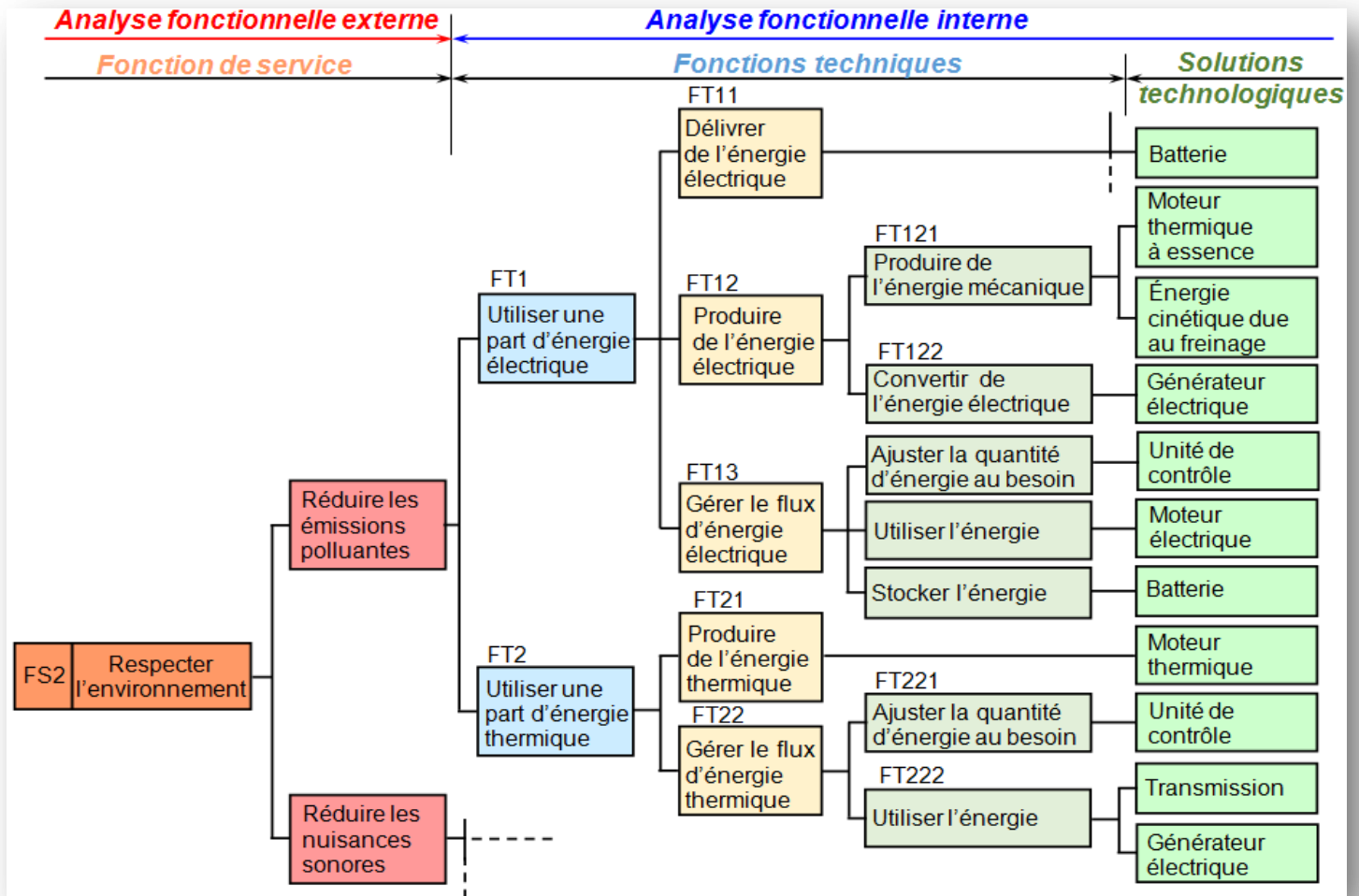


Les règles de syntaxe sont les suivantes :

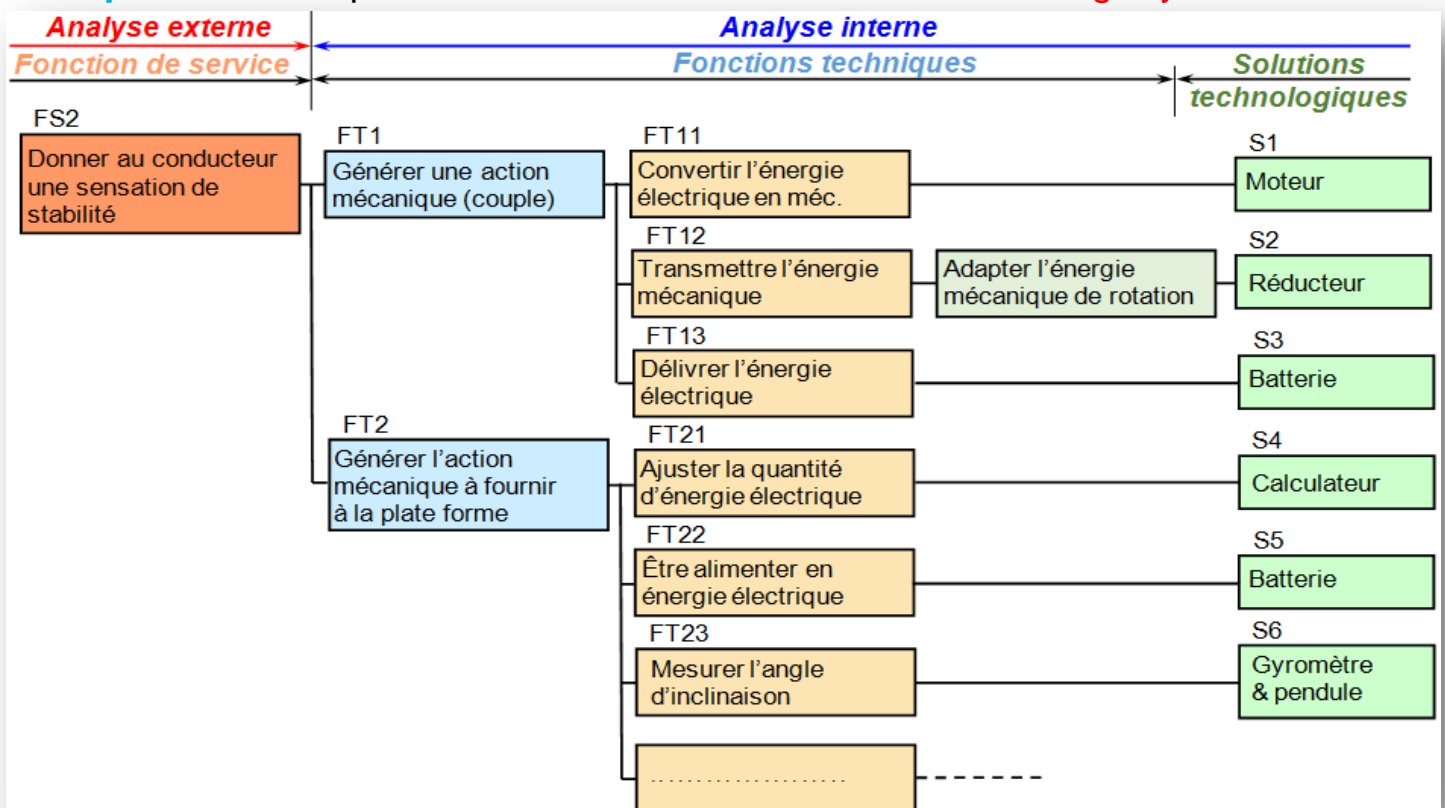
- ♦ Les nombres de lignes et de colonnes ne sont pas fixés, ils dépendent du système.
- ♦ La rubrique **Quand** n'est généralement pas spécifiée, pour une description fonctionnelle.
- ♦ Pour la question "**Comment ?**" il y a généralement plusieurs éléments de réponse.
- ♦ Les liaisons entre les constituants du FAST peuvent être des liens de type "**ET**" ou "**OU**".



Exemple : Le FAST partiel de la fonction de service "Respecter l'environnement" (FS2) de la Voiture hybride







Exemple : Le FAST partiel de la fonction de service FS2 de la Segway



6.2- DÉFINITION D'UN SYSTÈME TECHNIQUE :

- ◆ Un **système technique** est un ensemble d'éléments en relation, organisés pour satisfaire un ou plusieurs besoins.
Un système regroupe des constituants ayant chacun un rôle à remplir au sein du système.
- ◆ Un **constituant** regroupe généralement un ensemble de composants.
- ◆ Un **composant** est le plus petit élément à la base du constituant ou du système (une vis, un circuit intégré ..., sont des composants que l'on ne peut pas fractionner sans les détruire).

6.3- EXEMPLES DE SYSTÈMES TECHNIQUES :

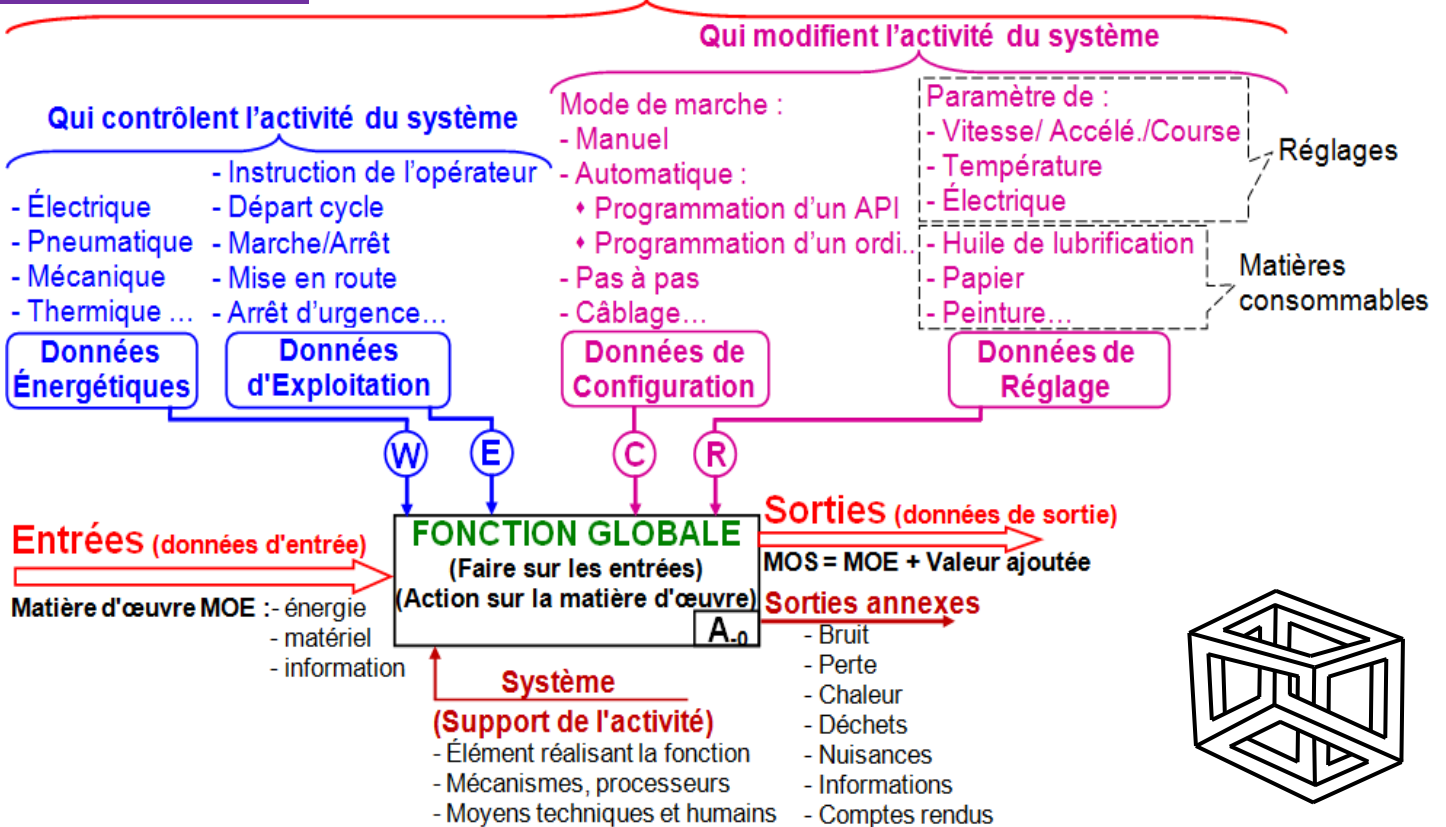
	Vérin pneumatique 	Tapis roulant 	RAM d'un ordinateur 
MOE	Énergie pneumatique	Pièce en poste de départ	Données à mémoriser
MOS	Énergie mécanique	Pièce en poste d'arrivé	Données mémorisées
Matière d'œuvre	Énergie pneumatique de type énergie	Pièce de type matériel	données numériques de type information
Valeur ajoutée	Transformer	Déplacer	Stocker
Fonction globale	Convertir l'énergie	Transporter une pièce	Mémoriser

- **Matière d'œuvre** : La matière d'œuvre est l'élément sur lequel agit le système.
Elle peut être : ◆ ◆ ◆
- **Valeur ajoutée** : La valeur ajoutée est ce que le système apporte à la matière d'œuvre (= MOS – MOE)
Elle peut être : ◆ ◆ ◆
- **Fonction globale** : La fonction globale est l'action réalisée par un système pour transformer la MOE en MOS. La fonction globale d'un système est exprimée par un verbe à l'infinitif écrit en majuscules en générale.

6.4- ACTIGRAMME "SADT" (Structural Analysis and Design Technic) D'UN SYSTÈME :

6.4.1- CAS GÉNÉRAL :

Données de contrôle ou contraintes :

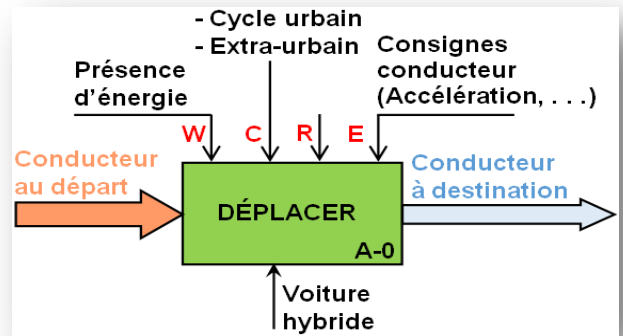


Les actigrammes sont définis par :

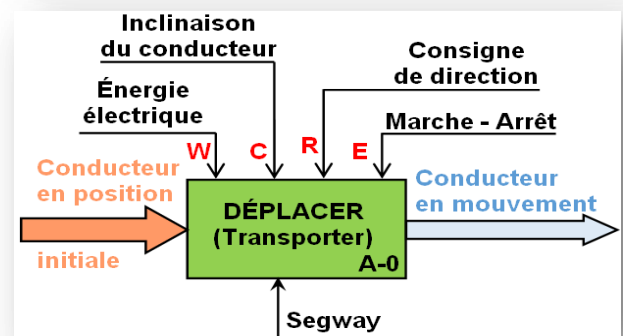
- ♦ Entrées : **SUR QUOI** agit la fonction ?
- ♦ Sorties : **QUE DEVIENNENT** les entrées, après réalisation de la fonction ?
- ♦ Données de contrôle (Contraintes de pilotage) : éléments qui **paramètrent** et **modulent** la fonction.
- ♦ Système (support d'activité) : c'est la réponse à la question : **QUI** réalise la fonction ?

Exemple : Voiture hybride

En utilisation normale, la voiture hybride assure le déplacement de ses occupants d'un lieu à un autre. Le conducteur réagit en fonction des autres usagers de la route. Le carburant fournit l'énergie nécessaire au fonctionnement qui engendre inévitablement une certaine pollution sonore et atmosphérique.

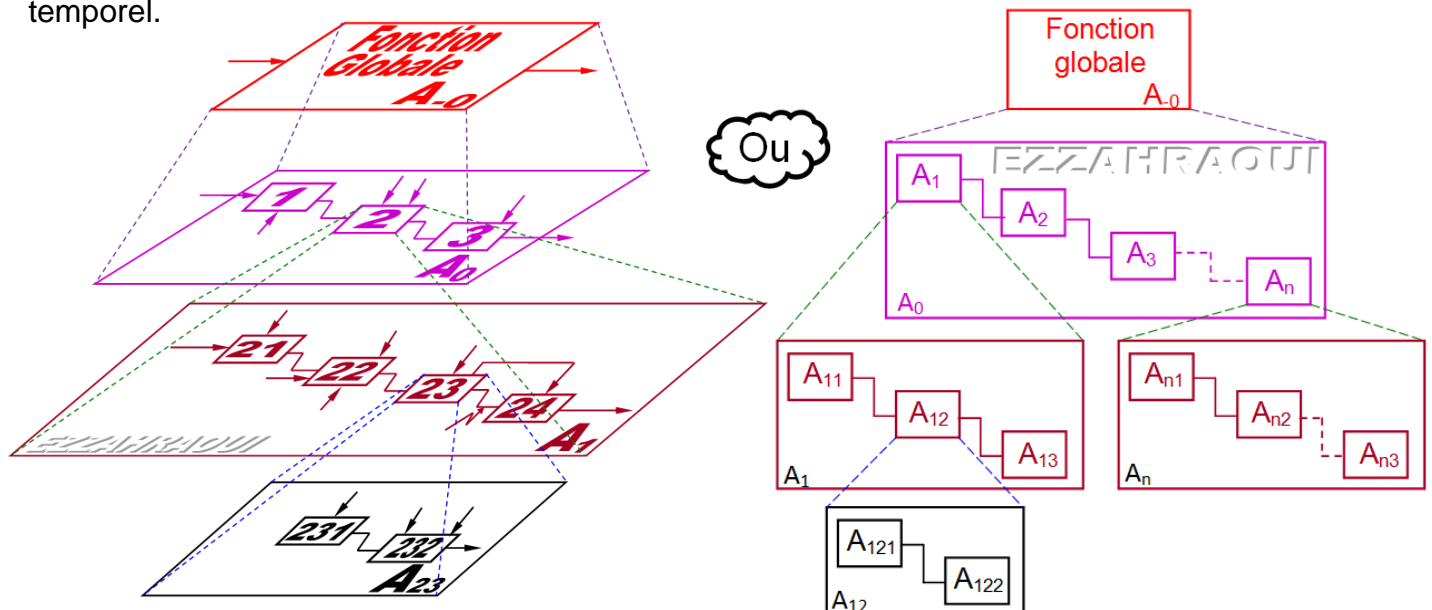


Exemple : Segway



6.4.2- ANALYSE DESCENDANTE :

- Le niveau A0 après décomposition de la fonction globale (A-0) en fonctions principales, ce niveau regroupe les actigrammes A1, A2, A3... de préférence de ne pas dépasser 6 fonctions principales
- Au-delà l'actigramme A1 peut-être développé à un niveau inférieur regroupant A11, A12...
- La numérotation permet de connaître le niveau d'emboîtement.
- Chaque boîte possède les éléments d'un actigramme (Entrées, Sorties, Contraintes, Support).
- La méthode SADT est assez lourde, elle est principalement utilisée dans le domaine du génie logiciel, et de ce fait bien adaptée à la spécification fonctionnelle de la partie commande d'un système. Elle est puissante, donc valable pour de très gros systèmes, et s'applique difficilement sur de petits systèmes ou à la description très fine des fonctions. Elle n'intègre pas l'aspect temporel.



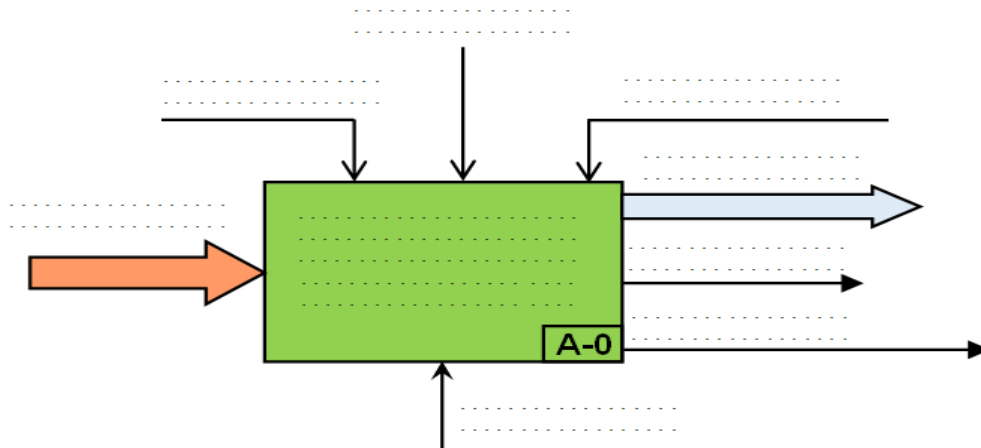
Exemple : Système de contrôle d'accès à la cantine (niveau A-0)

Les utilisateurs de la cantine sont tous porteurs d'une carte magnétique contenant des informations sur leur identité. A l'entrée de la chaîne, un lecteur de cartes permet d'identifier l'élève est autorisé à pénétrer, le portillon est ouvert, sinon il reste verrouillé. Des informations visuelles sont affichées (le nom de l'élève, le totale des passages de la journée . . .)



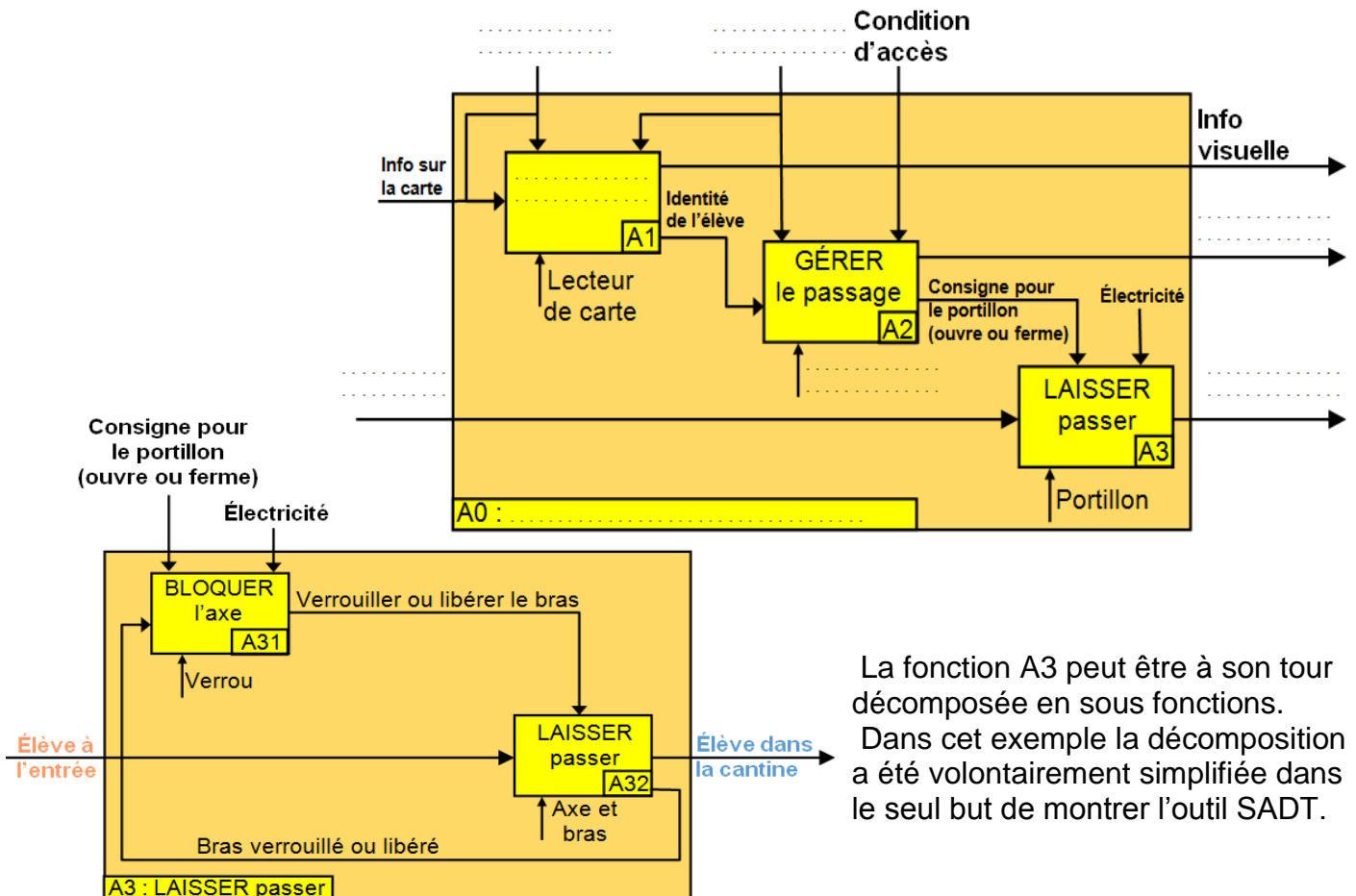
Compléter l'actigramme (A-0) et (A0) à partir de la liste suivante :

Carte programmée ; Élève à l'entrée ; Condition d'accès ; Info visuelle ; Ordinateur ; Lire la carte ; Système de contrôle d'accès à la cantine ; Élève dans la cantine ; Électricité ; Nombre de passage ; Autoriser l'entrée à la cantine ;



Les sous fonction ; on identifie trois objets techniques principaux :

- ♦ Le **portillon** dont la fonction est de **LAISSER passer** un élève autorisé.
- ♦ Le **lecteur de carte** dont la fonction est de **LIRE la carte** magnétique.
- ♦ L'**ordinateur** dont la fonction est de **GÉRER le passage** des élèves et l'ensemble du système.



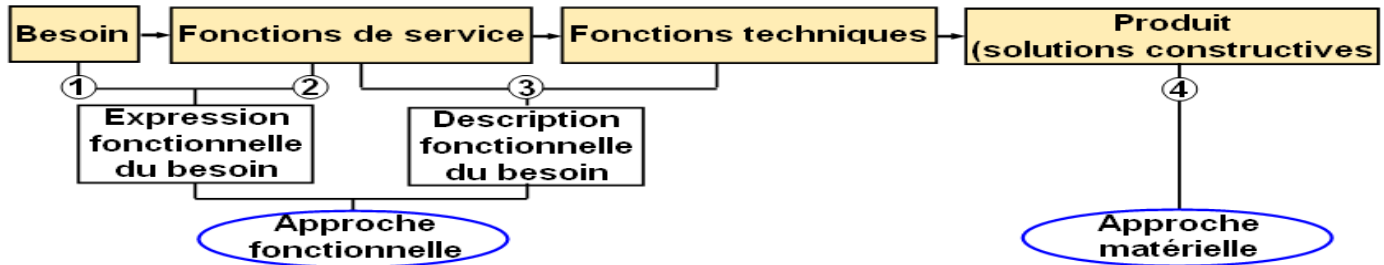
La fonction A3 peut être à son tour décomposée en sous fonctions. Dans cet exemple la décomposition a été volontairement simplifiée dans le seul but de montrer l'outil SADT.

7- DÉMARCHE DE PROJET :

La démarche de projet industriel est l'ensemble des actions menées par une équipe de travail pendant une période prédéfinie pour réaliser un produit ou le modifier (moteur hybride d'une voiture, modification de la taille d'un téléphone portable,...) afin de répondre au besoin d'un client.

Le client peut être un particulier, un autre industriel...

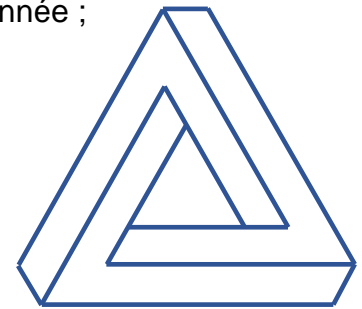
A chaque phase on peut associer un outil d'expression de l'analyse fonctionnelle.



- ① Recherche du besoin fondamental : **Bête à cornes**
 - ② Recherche des fonctions de services : **Pieuvre**
 - ③ Recherche de solutions technologiques : **FAST**
 - ④ Analyse descendante : **Diagramme SADT**
- } Description de l'organisation du produit en chaînes "**schéma bloc**"

Cette démarche se traduit dans le milieu scolaire par la réalisation d'un mini-projet qui :

- Permet la mise en œuvre des savoirs et savoir-faire acquis pendant l'année ;
- Initie au travail de groupe dans le cadre d'activités de création ;
- Communiquer au sein d'un groupe de travail ;
- Organiser son travail, en groupe et individuellement ;
- Rendre compte de son travail par écrit et oralement ;
- Répondre à une problématique ;
- Valider une réalisation simple.



Remarque : Les principales étapes du mini-projet :

La conduite du mini-projet se fait autour de cinq étapes essentielles.

- ◆ Étape 1 : **l'analyse du CdCF**, qui spécifie le besoin et les attentes du client.
Cette étape permet de découvrir le produit étudié et de cerner le problème à résoudre.
- ◆ Étape 2 : **les recherches documentaires**, qui vont permettre de répondre au problème posé.
- ◆ Étape 3 : **la recherche de solution**, qui est la phase constructive du mini-projet.
- ◆ Étape 4 : **la réalisation** où il s'agit de mettre en œuvre les solutions retenues.
- ◆ Étape 5 : **la validation finale**, qui sert de bilan et doit montrer les écarts entre les solutions retenues et les attentes du client.

8- CHAÎNE FONCTIONNELLE : "Schéma-bloc"

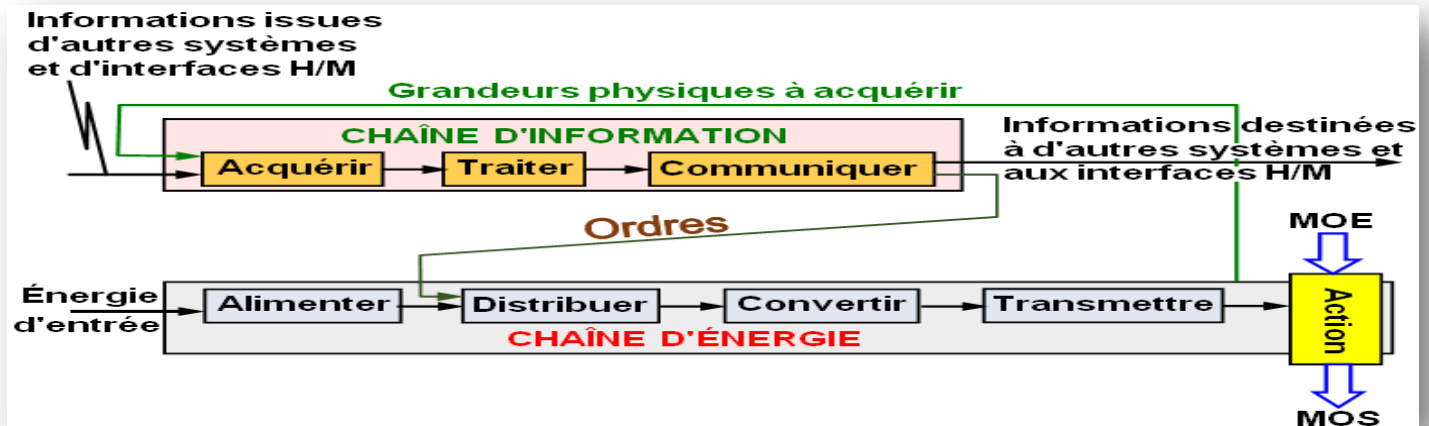
La chaîne fonctionnelle est l'ensemble des constituants nécessaires pour réaliser une fonction de service. Elle se caractérise par un agencement en forme de chaîne allant du capteur à l'effecteur. Elle est formée par :

- ◆ **Une chaîne d'énergie** : Pour assurer leurs fonctions, beaucoup de produits présentent une architecture commune nécessitant une **alimentation** en énergie, qu'ils doivent **distribuer** et **convertir** avant de la **transmettre**.

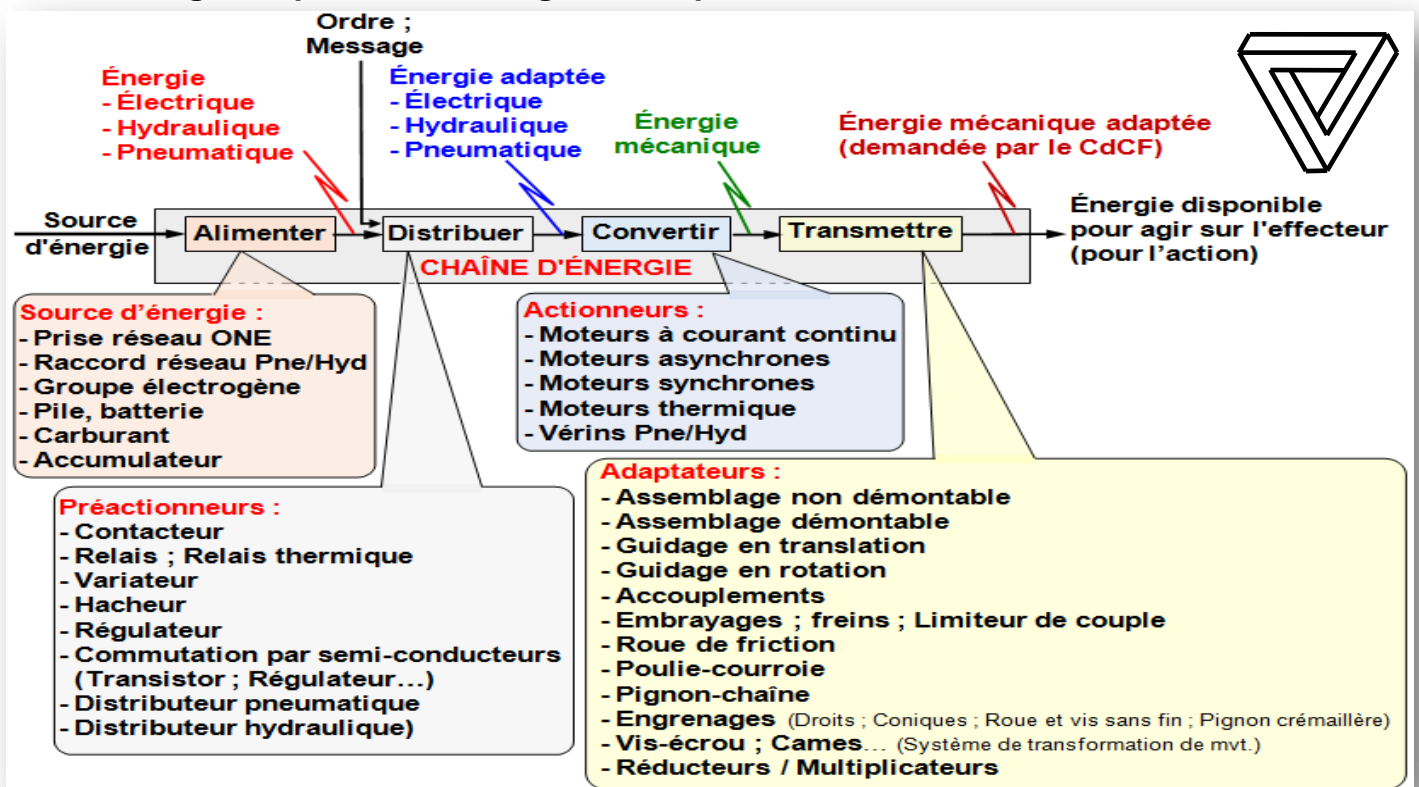
La chaîne d'énergie est chargée d'apporter en bonne quantité et sous la forme adaptée, avec un minimum de pertes, au bon endroit et au bon moment, l'énergie nécessaire à l'action voulue.

- ◆ **Une chaîne d'information** : La tendance des produits à se complexifier est naturelle : progrès technologiques et soucis permanent de l'homme de se soulager des tâches pénibles ou répétitives conduisent souvent à l'automatisation des produits. Une chaîne d'information doit alors être associée à la chaîne d'énergie. **Acquérir, traiter, communiquer** sont les trois maillons de la chaîne d'information, chargée de piloter avec maximum d'efficacité la chaîne d'énergie, à partir de grandeurs physiques acquises sur celle-ci, et de consignes données par l'utilisateur.

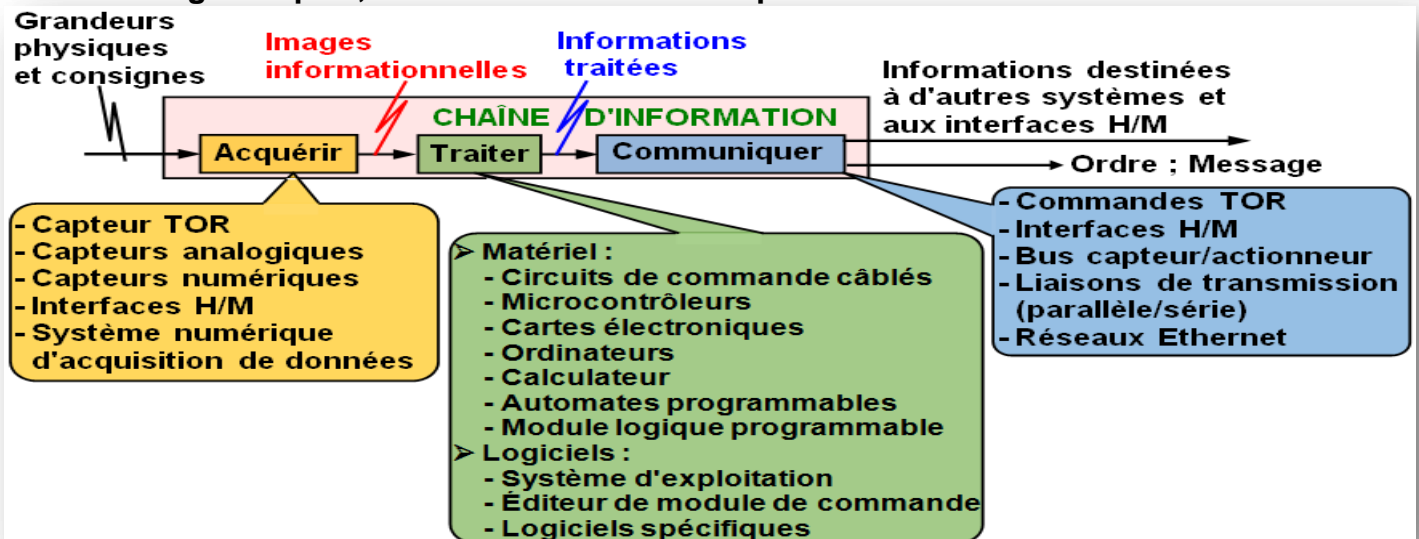
➤ Représentation d'une chaîne d'énergie et d'information



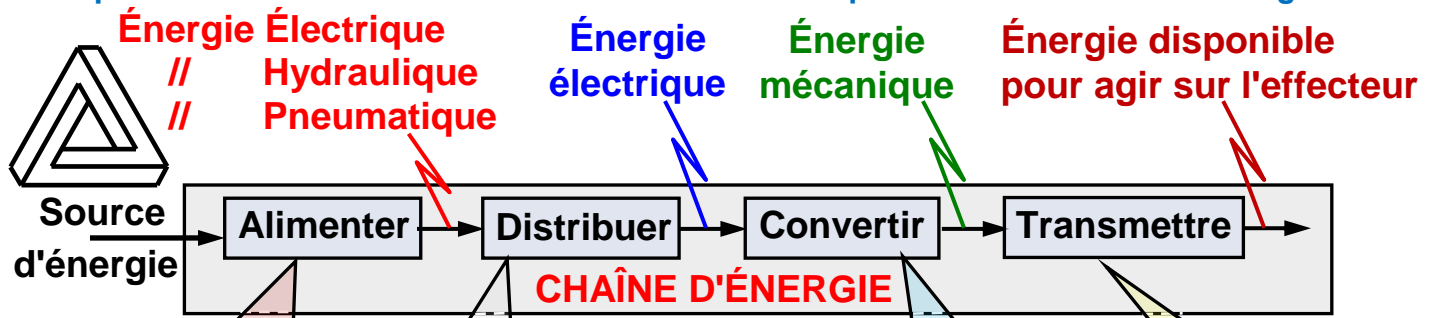
➤ Fonctions génériques, flux d'énergie et composants



➤ Fonctions génériques, flux d'information et composants



Exemple de constituants assurant les fonctions techniques dans une chaîne d'énergie



Sources d'alimentation	Préactionneurs	Actionneurs	Adaptateurs
Réseau ONE 	Transistor de puissance 	Moteur à courant alternatif 	Poulie courroie
Groupe électrogène 	Contacteur 	Moteur à courant continu 	Pignon chaîne
Pile 	Relais 	Moteur thermique 	Système vis écrou
Batterie 	Variateur 	Électrothermie 	Engrenages
Compresseur 	Distributeur Pneu. 	Vérin 	Accouplement

Exemple de constituants assurant les fonctions techniques dans une chaîne d'information

Grandeurs physiques et consignes

Images informationnelles

Informations traitées



Éléments d'acquisition	Éléments de traitement	Interfaces ou liaisons
<p>Capteurs analogiques : Anémomètre</p>	<p>Circuits logique câblés</p>	<p>Interface : homme/machine machine/machine</p>
<p>Capteurs détecteurs : Capteur de luminosité</p>	<p>Calculateur électronique pour boîte automatique</p>	<p>Pupitre de commande</p>
<p>Capteurs de proximité</p>	<p>Microcontrôleur</p>	<p>Manette</p>
<p>Interrupteur à bascule</p>	<p>Ordinateurs</p>	<p>Manomètre</p>
<p>Clavier</p>	<p>Automates programmables</p>	<p>Liaisons de transmission</p>
<p>Système d'acquisition des données sans fil</p>	<p>Module logique programmable</p>	<p>Bluetooth / WiFi ...</p>