

# ETUDE DES SYSTEMES PLURITECHNIQUES

## ANALYSE DU BESOIN – ANALYSE FONCTIONNELLE

**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 – Le produit : histoire d'un besoin

#### 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 le 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** : "Un besoin est une nécessité, un désir éprouvé par un utilisateur".

Le **besoin** doit être exprimé (pas facile), il est souvent latent, suscité (société de consommation...), il peut être imposé (normes, lois...). L'analyse du besoin va permettre de caractériser le besoin, pour rédiger le cahier des charges fonctionnel.

#### 2. Le produit

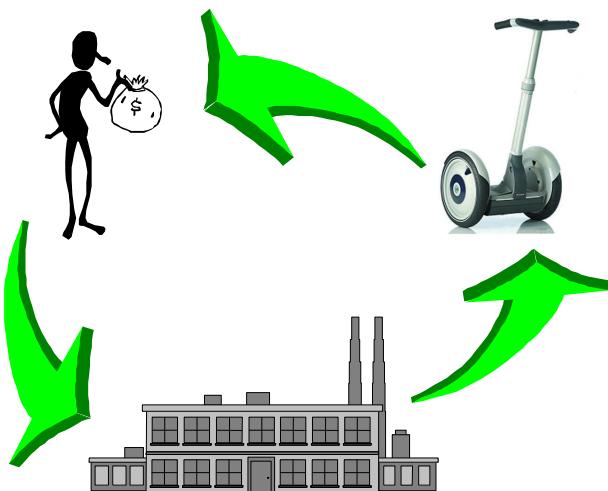
Un **produit** est une réalisation de l'homme, il n'est pas le fruit de la nature : il a été imaginé et réalisé pour satisfaire un besoin de l'homme (*exemple : une loi, un tableau, une voiture...*).

Un produit peut être :

- Un objet ;
- Un processus ;
- Un service.

*On se limitera dans ce cours 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.*





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

### 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*.

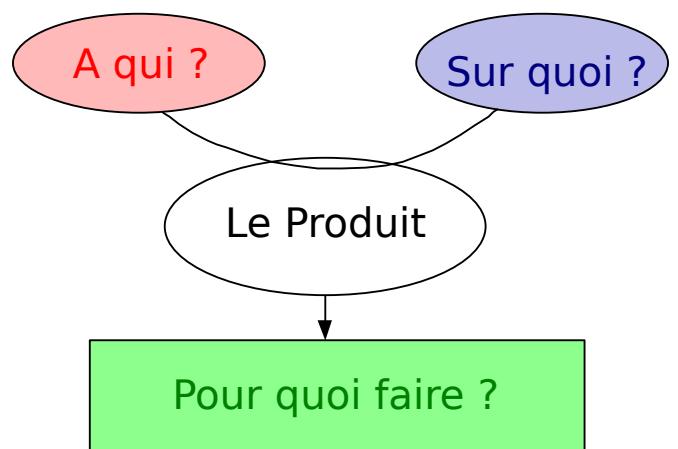
L'analyse du besoin est une méthode qui contribue à la caractérisation du besoin c'est-à-dire la détermination de la grandeur mesurable qui va être modifiée par l'utilisation du produit : c'est le **besoin caractérisé**. De plus, l'analyse du besoin peut générer l'innovation :

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

### 2. Graphe des prestations – "bête à cornes"

La méthode d'expression du besoin repose sur trois questions :

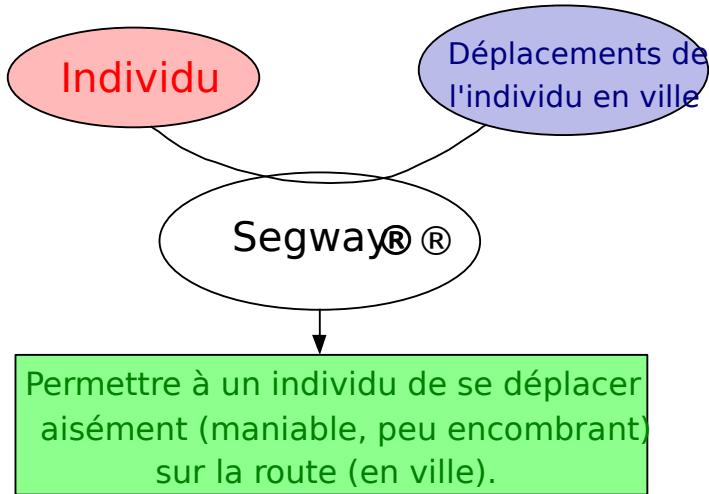
- **A qui** le produit rend-il service ?  
À *celui qui l'utilise : le client utilisateur*
- **Dans quel but** ?  
*Pour satisfaire le besoin exprimé*
- **Sur quoi** le produit agit-il ?  
*Sur l'état d'une matière d'œuvre*



*Le graphe des prestations est le schéma normalisé de l'expression du besoin*

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.

## Exemple : Le Segway

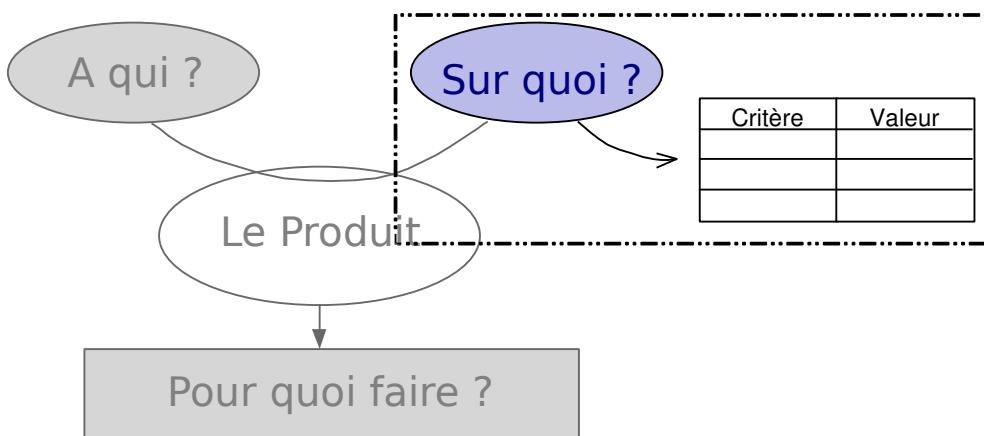


### 3. Caractérisation du besoin

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 : Le 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
...	...

**Remarques :**

- 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.

**4. Validation du besoin**

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

**Pourquoi ?**

# *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.

**Evoluer ?**

# *Qu'est-ce qui pourrait faire évoluer le besoin* ? Afin de valider la stabilité du besoin donc de la grandeur physique qui évolue lors de l'utilisation du produit. Cette question permet d'anticiper les évolutions du besoin.

**Disparaître ?**

# *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.

**Conclusion :** le besoin est exprimé, caractérisé et validé, on parle de **Prestation**, il est maintenant possible de procéder à l'**analyse fonctionnelle du besoin**

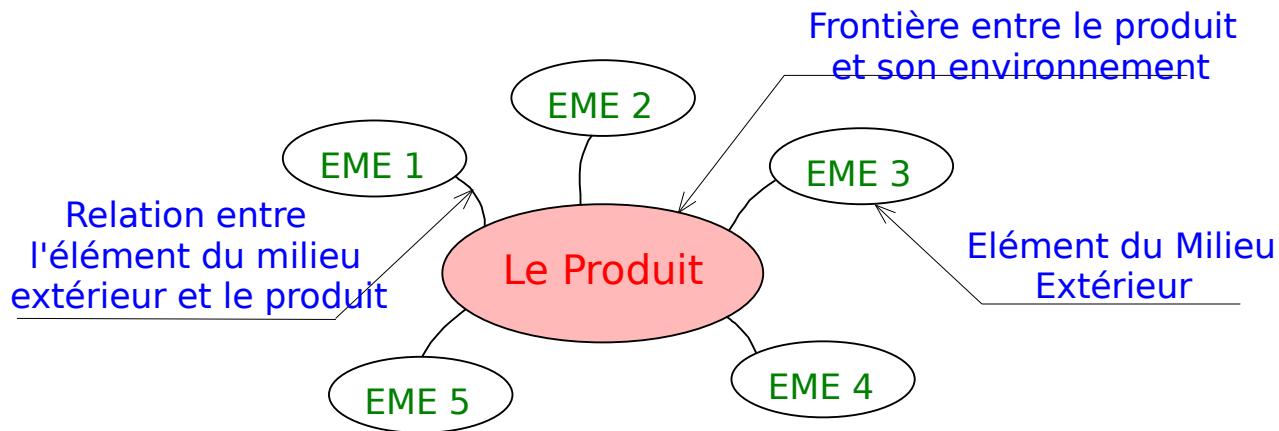
**III – Analyse fonctionnelle du besoin****1. Présentation**

**L'analyse fonctionnelle du besoin** met 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.

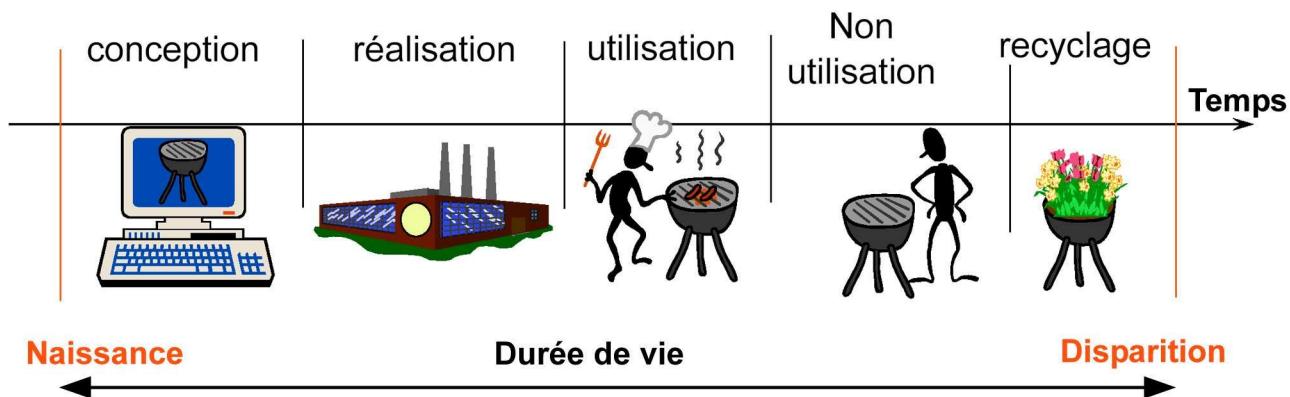
Il faut en particulier imaginer les interactions du produit avec son environnement. On considère le produit comme "générateur de services", d'où le nom de fonctions de service entre le produit et les éléments du milieu extérieur.

**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.*



## 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.*



## 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 Eléments 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...)

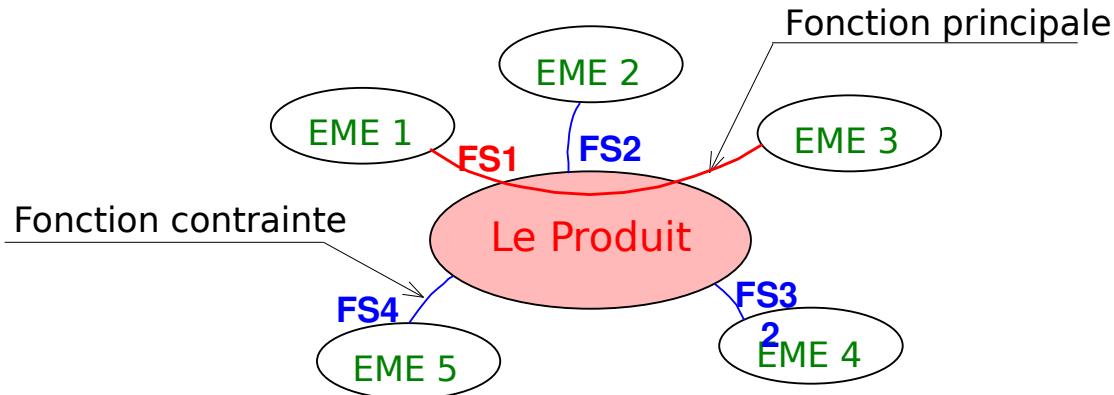
*Ils sont nommés afin de pouvoir être identifiés facilement*

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

- Relations entre deux EME par l'intermédiaire du produit : ce sont les **fonctions principales** ou **fonctions d'usage**. Elles satisfont le besoin, elles assurent la prestation.

- Relation entre un EME et le produit, ce sont des **fonctions contraintes** ou **fonctions d'adaptation**. 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.

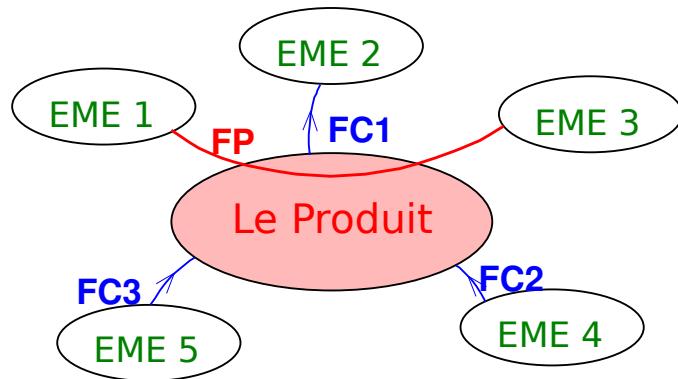


**Remarque :** bien que les relations ne soient pas orientées, on peut distinguer :

- 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.

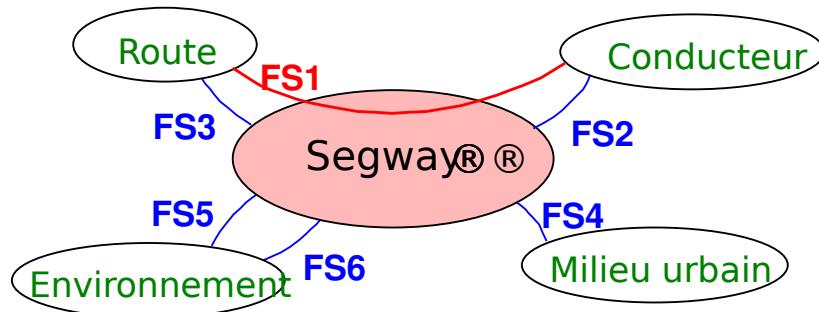
# "Une fonction de service est l'action attendue d'un produit (ou réalisée par lui) pour répondre à un élément du besoin d'un utilisateur donné"

→ Il faut souvent plusieurs fonctions de service pour répondre à un besoin ;

→ Les fonctions de service comprennent les fonctions d'usage (partie rationnelle du besoin) et les fonctions d'estime (partie subjective du besoin)

**Remarque importante :** 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 : Le Segway® ®



FS1 : Permettre au conducteur de se déplacer aisément sur la route (en ville).

FS2 : Donner au conducteur une sensation de stabilité

FS3 : Rester insensible aux perturbations provenant de la route

FS4 : Rester manœuvrable dans la circulation

FS5 : Etre peu encombrant

FS6 : Contribuer au respect de l'environnement

#### 4. Caractérisation des fonctions de service attendues

Comme pour le besoin, il faut maintenant caractériser les fonctions de service :

# **Qualifier** par des mots les critères de performance de l'action décrite par le verbe. Il s'agit d'identifier la grandeur physique qui évolue, et de préciser le critère qui va permettre son évaluation.

# **Quantifier** pour chaque critère le niveau de performance et les limites d'acceptabilité.

#### La Norme NF X 50 - 150

FONCTION	CRITERES	NIVEAUX	FLEXIBILITE		
			Classes	Limites d'acceptation	Taux d'échange

**Critère** : caractère retenu pour apprécier la manière dont une fonction est remplie ou une contrainte respectée ;

**Niveau** : grandeur repérée sur une échelle adoptée pour un critère d'appréciation d'une fonction ;

**Flexibilité** : ensemble d'indications exprimées par le demandeur sur les possibilités de moduler le niveau recherché pour un critère d'appréciation ;

**Classe de flexibilité** : indication littérale placée auprès d'un niveau d'un critère d'appréciation, permettant de préciser son degré de négociabilité ou d'impérativité ;

**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.

**Le tableau usuel** : tel qu'uellement on précise la "Valeur" = "Niveau + Limite", pour un tableau simplifié. Voir exemple ci-après.

### Exemple : Le Segway® ®

FONCTION DE SERVICE	CRITERE	NIVEAU	
FS4 : Rester manœuvrable dans la circulation	Dérapage	Aucun	
	Basculement	Aucun	
	Rayon de virage Minimum admissible	Vitesse	Rayon minimum
	5 km/h	5 km/h	0,5 m
	10 km/h	10 km/h	2,5 m
	20 km/h	20 km/h	10 m

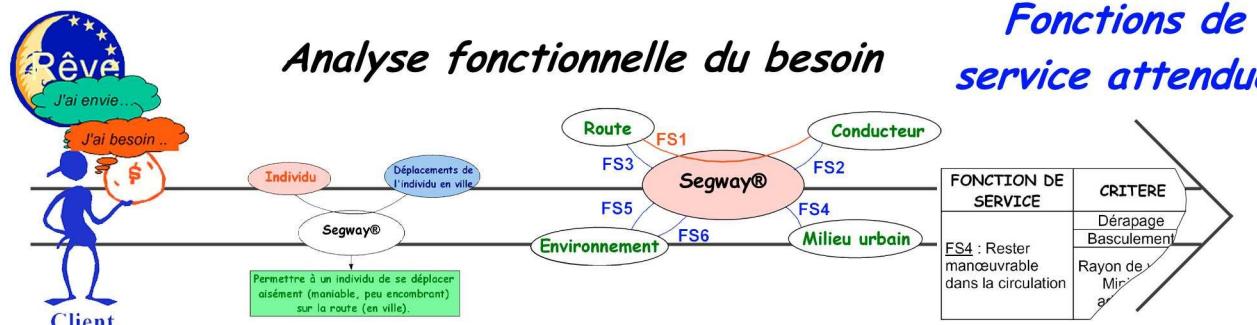
### Remarques :

# les éléments du milieu extérieur doivent aussi être caractérisés, à l'aide de critères et de niveaux.

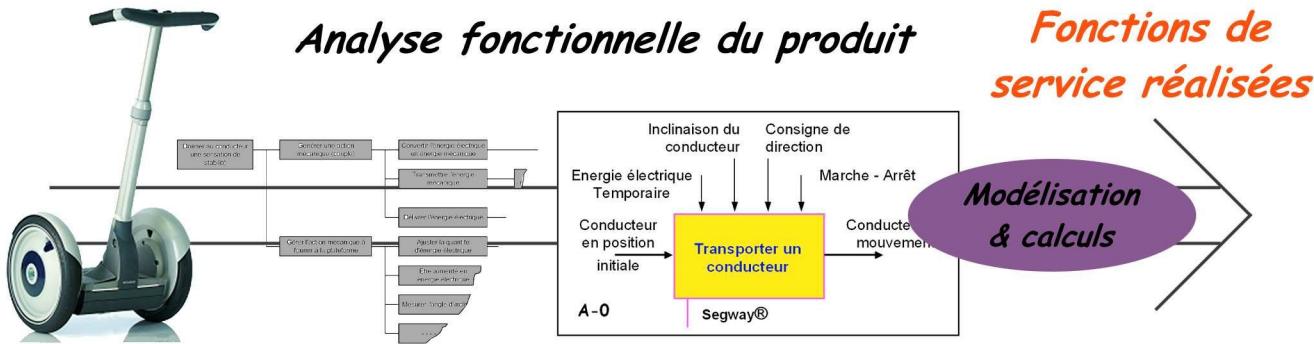
# Comme pour le besoin, les fonctions de service sont ensuite validées :

### 5. Conclusion - cahier des charges fonctionnel

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



**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 de l'exploitant ou du concepteur.



## IV – Outil graphique FAST : Function Analysis System Technic

### 1. Fonctions de service et fonctions techniques

Chaque fonction de service est obtenue à l'aide de fonctions techniques. Ces fonctions techniques font elles appel à des solutions techniques. Lors de la conception d'un produit, il est ainsi nécessaire de confronter les fonctions de service réalisées, avec les fonctions de service attendues pour répondre au besoin exprimé.

### 2. L'outil graphique

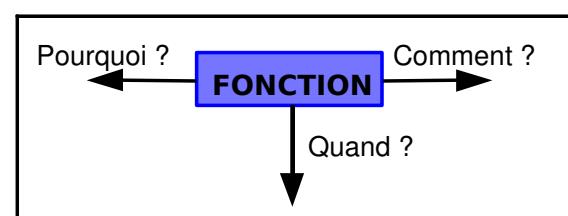
La méthode F.A.S.T. est un outil graphique qui permet de détailler les fonctions techniques et les solutions associées. Organisé de la gauche vers la droite, partant d'une fonction de service, le diagramme F.A.S.T. recense toutes les fonctions techniques et pour finir il présente les solutions technologiques définies.

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 ?

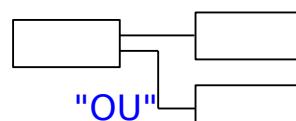
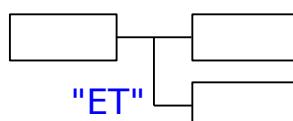


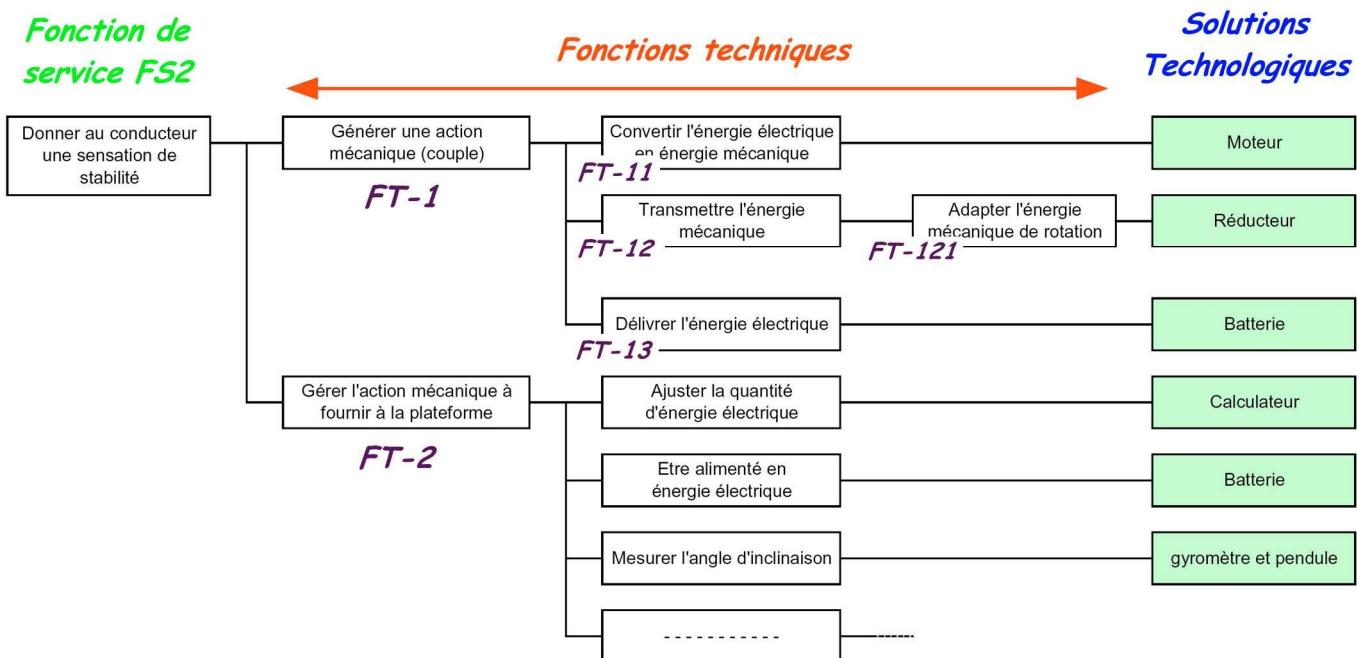
Les règles de syntaxe sont les suivantes :

# 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, deux possibilités sont alors prévues :



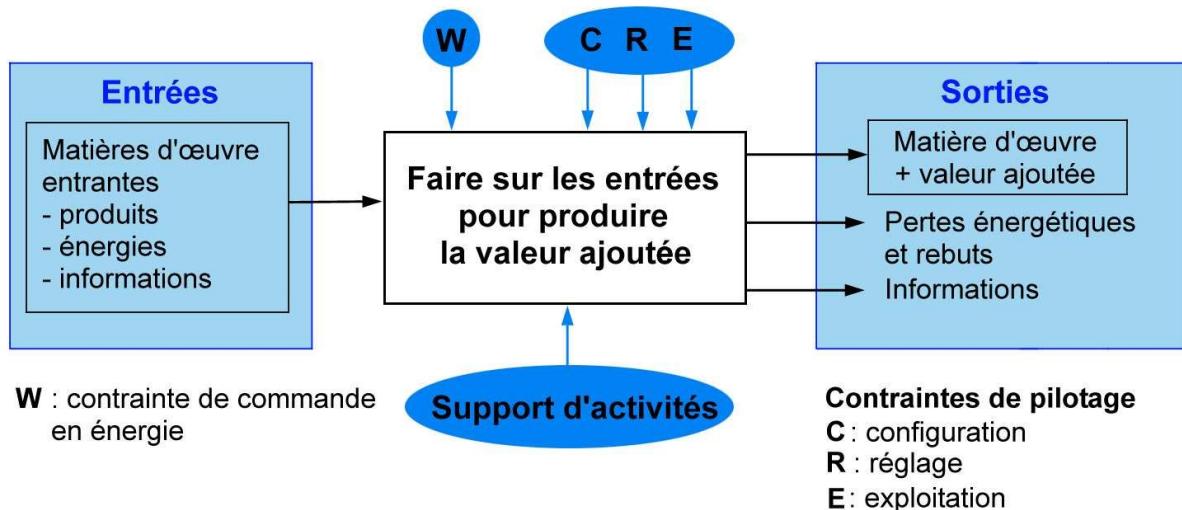
**Exemple : Le Segway ® (F.A.S.T. partiel)****V – Outil graphique SADT : Structured Analysis & Design Technique**

(Design : conception)

Il s'agit d'un outil d'analyse descendante d'un système, qui permet une étude progressive : du global, vers le détail. La méthode appliquée industriellement est un outil de communication entre des personnes d'origines différentes. Il permet la description dans un langage commun, c'est la vision de synthèse qu'ils ont d'un même projet.

La méthode SADT est une méthode graphique qui part du général pour aller au particulier. Elle permet de décrire des systèmes où coexistent des flux de matières d'œuvre (produits, énergies et informations). Elle s'appuie sur la mise en relation de ces différents flux avec les fonctions que remplit le système.

Le modèle de représentation prend la forme **d'Actigrammes**, rectangles basés sur les activités ou les fonctions du système.



Les actigrammes sont définis par :

**Les entrées** : **SUR QUOI** agit la fonction ?

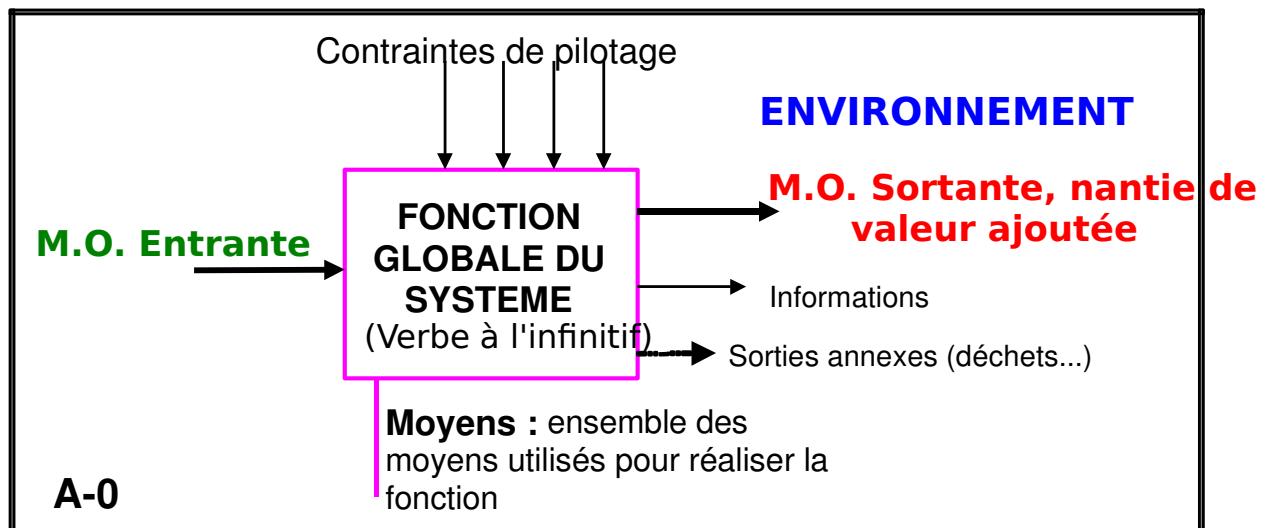
**Les sorties** : **QUE DEVIENNENT** les entrées, après réalisation de la fonction ?

**Les contraintes de pilotage** : éléments qui **paramètrent** et **modulent** la fonction.

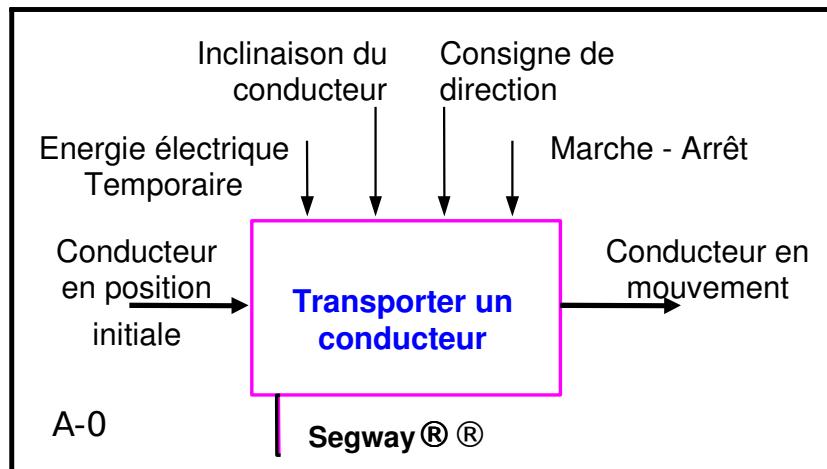
**Les moyens (support d'activités)** : c'est la réponse à la question : **QUI** réalise la fonction ?

La description du global vers le détail est réalisée par des niveaux hiérarchisés :

# Le niveau **A-0** (le plus global) pour la **fonction globale** à l'extérieur du rectangle on trouve l'environnement, ainsi défini après avoir isolé le système ;



**Exemple : Le Segway®®**



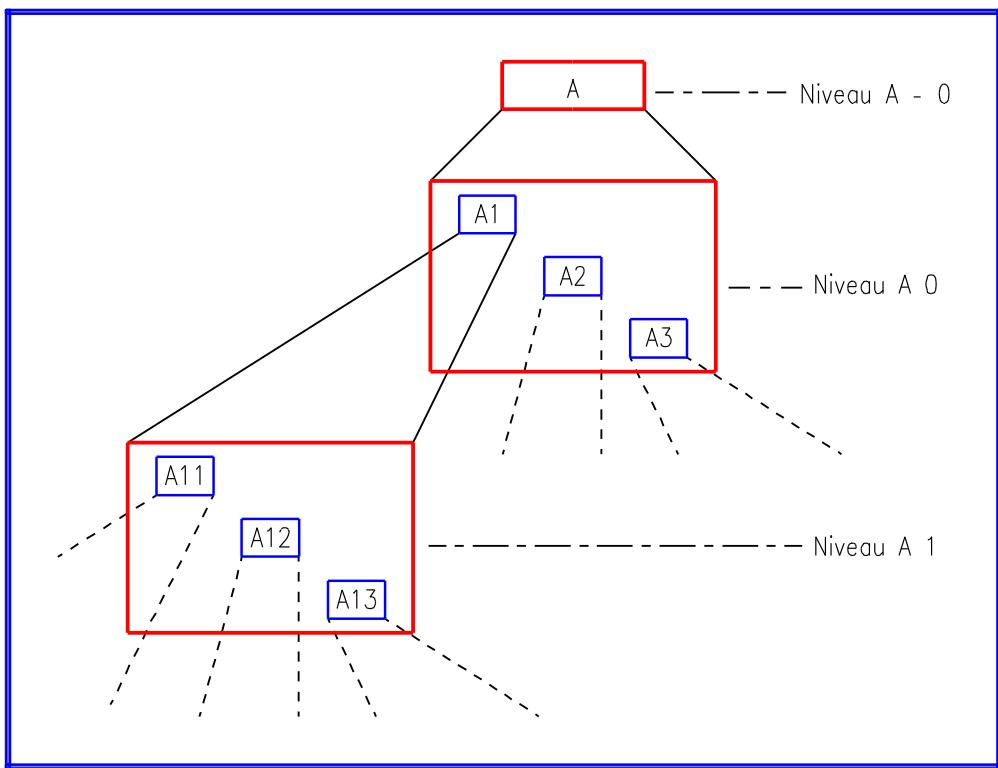
Approche détaillée :

# Le niveau **A0** après décomposition de la fonction globale en **fonctions principales**, ce niveau regroupe les actigrammes **A1, A2, A3...** (il est recommandé de ne pas dépasser six 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, moyens).

Structure des différents niveaux :



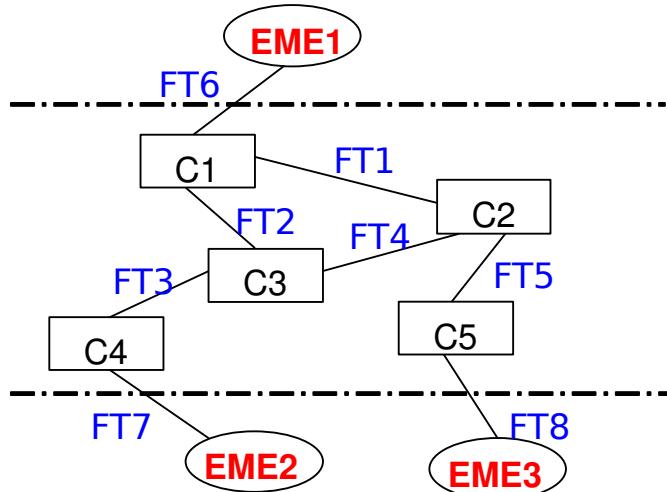
**Remarque :**

# La méthode S.A.D.T. 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.

## VI – Autre outil graphique : "bloc-diagramme"

Il s'agit d'un outil d'analyse structurelle qui situe les fonctions techniques réalisées entre les composants du produit (pour une phase donnée). Les éléments du milieu extérieur peuvent compléter le diagramme. Deux lignes (mixte-fin) horizontales définissent la frontière du produit.

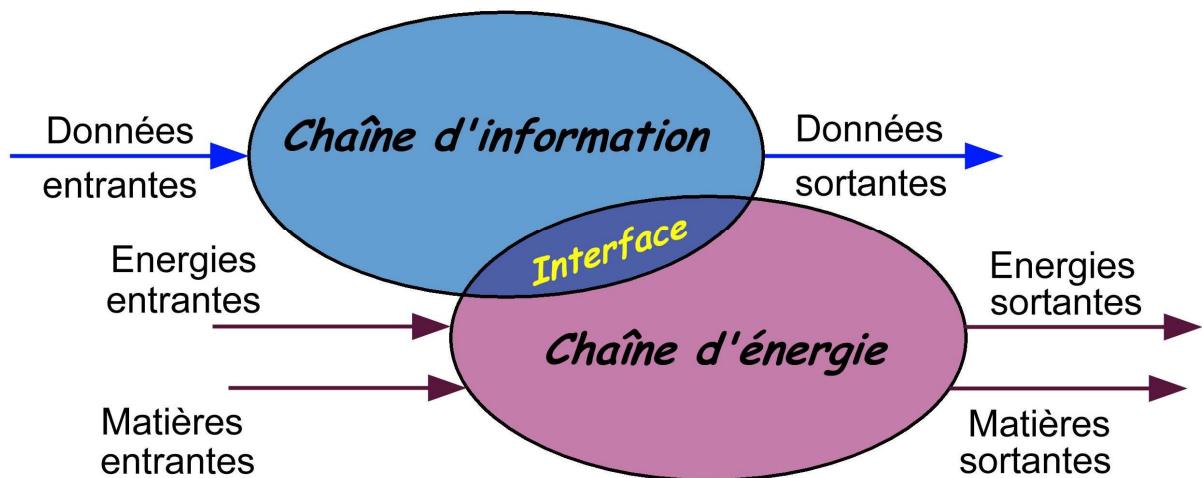
PHASE...



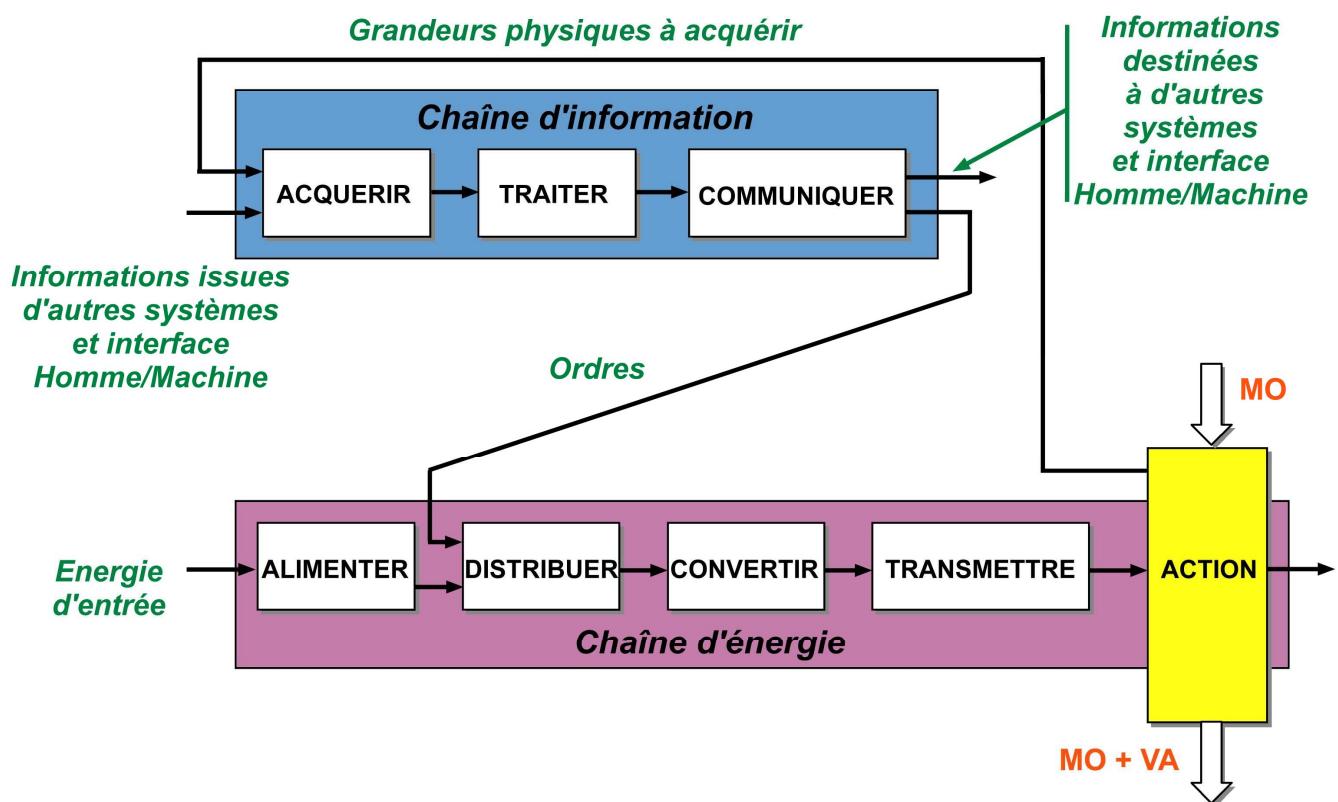
## VII – Architecture fonctionnelle : Chaîne d'énergie / Chaîne d'Information

### 1. Architecture d'une chaîne fonctionnelle

L'étude des systèmes pluri-techniques conduit à établir l'architecture fonctionnelle d'un produit à partir des flux de **Matière – Energie – Information**, et d'en identifier les fonctions techniques génériques.

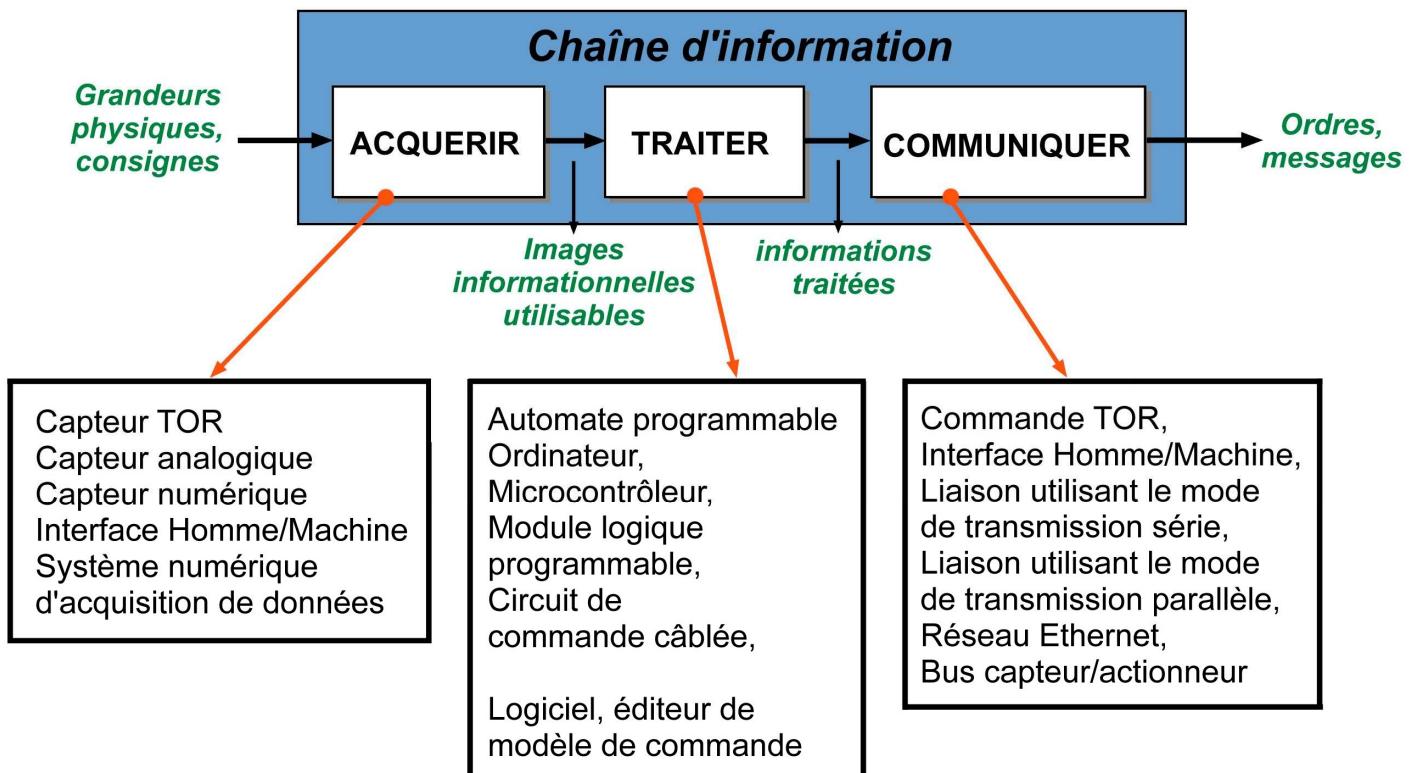


Ainsi pour chaque chaîne fonctionnelle, on peut établir un graphique tel que présenté ci-dessous.



## 2. Composants industriels associés

# Chaîne d'information



# Chaîne d'énergie

