

## LES SYSTEMES AUTOMATISES

**Plan** (Cliquez sur le titre pour accéder au paragraphe)

\*\*\*\*\*

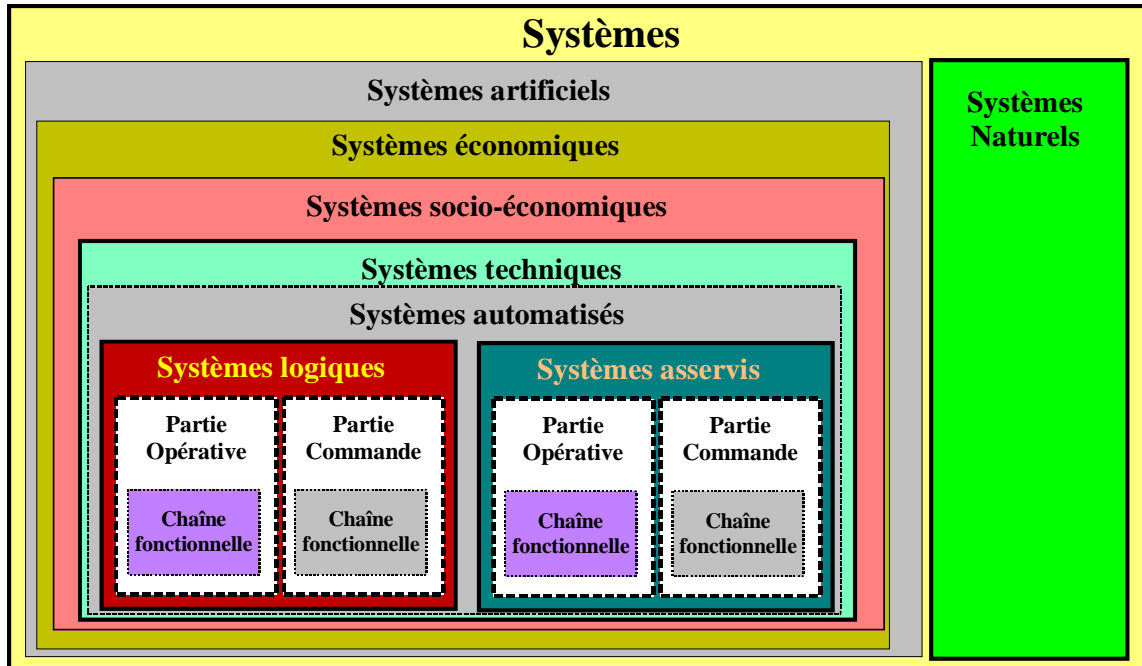
1	Vers une typologie des systèmes .....	2
1.1	Les systèmes naturels .....	2
1.2	Les systèmes artificiels.....	2
1.2.1	Les systèmes économiques .....	2
1.2.2	Les systèmes techniques .....	2
1.2.3	Les systèmes automatisés.....	3
1.2.4	Le progrès technologique et son utilisation .....	3
2	L'analyse des systèmes automatisés.....	3
2.1	Modélisation d'un système automatisé .....	3
2.1.1	Définition de la modélisation.....	3
2.1.2	La démarche de modélisation .....	3
2.1.2.1	Isoler le système à étudier .....	3
2.1.2.2	Le décomposer en sous-systèmes couplés par des relations .....	3
2.1.2.3	Etablir un modèle de connaissance ou de comportement pour chaque sous-système .....	4
2.2	Les points de vue d'observation d'un système automatisé .....	4
2.2.1	Le point de vue fonctionnel .....	4
2.2.2	Le point de vue structurel .....	4
2.2.3	Le point de vue temporel .....	4
2.3	Modèles de représentation des systèmes automatisés .....	5
3	Présentation des systèmes automatisés.....	5
3.1	Avant la mécanisation .....	5
3.2	Après la mécanisation.....	6
3.3	Après l'automatisation .....	6
4	La structure d'un système automatisé.....	7
4.1	Principes de commande .....	8
4.1.1	La chaîne directe .....	8
4.1.1.1	Le principe .....	8
4.1.1.2	Un exemple .....	8
4.1.2	Chaîne fonctionnelle en boucle fermée.....	9
4.1.2.1	Le principe .....	9
4.1.2.2	Un exemple .....	10
5	Les types de systèmes automatisés.....	10
5.1	Systèmes à signaux continus ou systèmes analogiques.....	10
5.2	Systèmes à signaux échantillonnés.....	10
5.3	Systèmes à signaux binaires ou systèmes logiques .....	10

\*\*\*\*\*

# 1 VERS UNE TYPOLOGIE DES SYSTEMES

La notion de système est une notion générale qui s'applique à un grand nombre de domaines comme le monde médical (système de santé), de l'éducation (système éducatif), des affaires (système commercial), etc..

Les systèmes automatisés font partie des systèmes techniques, eux mêmes intégrés dans les systèmes socio-économiques. Dans le but d'étudier les systèmes automatisés, une décomposition en sous-systèmes comme proposée ci-dessous peut paraître satisfaisante.



## 1.1 Les systèmes naturels

Ce sont les systèmes actifs présentant un ordre lié à la Nature comme par exemple le système solaire ou l'écosystème terrestre.

## 1.2 Les systèmes artificiels

Ce sont des produits de l'activité humaine (et non de la Nature) ayant une finalité clairement établie. Ces systèmes s'inspirent des systèmes naturels. Ils sont imaginés et créés essentiellement par notre culture et notre civilisation industrielle.

Les systèmes artificiels sont voulus et créés par l'homme dans le but de répondre à un besoin. Les systèmes artificiels comme les systèmes économiques, techniques, et automatisés sont des sous systèmes du système naturel.

### 1.2.1 LES SYSTEMES ECONOMIQUES

Ils assurent la production, la distribution et la consommation des richesses dans une collectivité humaine. Il est nécessaire d'organiser les éléments de cet ensemble pour en distribuer les parties : arrangement, distribution, harmonie, organisation et structure. Le système de gestion est un sous-système du système économique.

### 1.2.2 LES SYSTEMES TECHNIQUES

Ils gèrent l'ensemble de procédés méthodiques et structurés, fondés sur des connaissances scientifiques et sont destinés à obtenir un résultat matériel et immatériel dans le but de satisfaire un besoin au préalable clairement identifié.

Ces procédés sont souvent employés à l'investigation et à la transformation de phénomènes naturels.

### 1.2.3 LES SYSTEMES AUTOMATISES

C'est un système technique **commandable**. On dit qu'un système est commandable si en faisant varier uniquement les entrées, on peut faire subir des modifications au système, afin qu'il atteigne un objectif fixé en un temps fini.

### 1.2.4 LE PROGRES TECHNOLOGIQUE ET SON UTILISATION

**L'objectif avoué** du progrès technologique est le bien être de l'humanité. Pourtant, on observe tous les jours une profonde inégalité des habitants de la Terre devant les aspects bénéfiques de ce progrès. Pire certains sont victimes de la technologie (licenciement, environnement pollué, bidonvillisation des sans Terre, etc.) alors que d'autres bénéficient d'un confort extrême (véhicules multiples, téléphonie performante, habitations sophistiquées).

Attention, la technologie n'est pas comptable des écarts de bien être précisés plus haut. Seuls les choix politico-économiques sont responsables de l'utilisation de la technologie et de ses conséquences bonnes ou mauvaises.

## 2 L'ANALYSE DES SYSTEMES AUTOMATISES

### 2.1 Modélisation d'un système automatisé

#### 2.1.1 DEFINITION DE LA MODELISATION

**Robert Vallée** (contemporain en bonne santé) nous offre gracieusement cette définition.

*“ Le but de la modélisation est de fournir une image ou représentation d'un phénomène réel. S'il est possible, à partir de la représentation, de trouver parfaitement le phénomène dans son évolution, il y a isomorphisme. Il est évident que ce cas extrême n'est jamais réalisé. Dans le cas général, il y a dégradation dans le passage à la représentation et finalement simplement Homomorphisme dans le meilleur des cas.*

*L'utilité de la modélisation se mesure en fonction du but visé. Il y a des modélisations pour aider à comprendre (elles doivent être assez simples), d'autres pour aider à agir, elles peuvent accepter une plus grande complexité (on ne s'adresse pas aux mêmes personnes).*

#### 2.1.2 LA DEMARCHE DE MODELISATION

##### 2.1.2.1 Isoler le système à étudier

Pour cela, il faut remplacer son environnement ou univers extérieur par un ensemble de relations d'entrées-sorties ayant des relations équivalentes.

##### 2.1.2.2 Le décomposer en sous-systèmes couplés par des relations

Les frontières de découpage passent en général par les points de rupture des caractéristiques que l'on observe (structures matérielles discontinues dans l'espace, dans le temps, au niveau des fonctionnalités...). La finesse du découpage dépend de l'utilité du modèle.

### 2.1.2.3 Etablir un modèle de connaissance ou de comportement pour chaque sous-système

Le **modèle de connaissance** est obtenu en spécifiant les lois qui régissent les phénomènes physiques connus mis en jeu dans les différents composants du système. On obtient un schéma structurel qui décrit l'organisation des composants dont les comportements individuels sont exprimés par des équations reliant les entrées et sorties (équations d'états ou différentielles). Ici, la démarche est analytique, les paramètres et les structures ont une signification concrète.

Le **modèle de comportement** est celui dit « de la boîte noire ». Le système est représenté par des structures et des équations qui reproduisent son comportement réel, mais n'ont aucun rapport avec son organisation et sa nature réelle. Dans ce cas, les paramètres utilisés n'ont pas de signification concrète, leurs valeurs ne peuvent être déterminées que par une procédure d'identification qui servira aussi à valider le modèle parfois posé à priori. Ce modèle est aussi appelé modèle de commande ou modèle de représentation.

## 2.2 Les points de vue d'observation d'un système automatisé

On peut observer un système automatisé selon les trois points de vue suivants :

### 2.2.1 LE POINT DE VUE FONCTIONNEL

Le point de vue fonctionnel s'intéresse d'abord à ce qui est fait (quelle est la fonction du système ?) avant d'étudier comment c'est fait (la technologie) ou pourquoi (la causalité). Les fonctions de service sont les actions d'un produit ou l'un des constituants, exprimées exclusivement en terme de finalité.

Exemple : Avant de considérer qu'un percolateur est constitué d'un réservoir d'eau, d'une résistance, d'une pompe, etc., il est plus important de repérer sa fonction : c'est une machine à faire du café. Les fonctions se décomposent en sous-fonctions ; faire le café en : stocker l'eau - la chauffer - la faire passer dans le café en poudre - filtrer le résultat - sonner pour dire que le café est prêt. Chauffer l'eau se décompose en sous-fonctions, etc.

### 2.2.2 LE POINT DE VUE STRUCTUREL

C'est la manière dont les différents éléments matériels et logiciels du système automatisé sont agencés et reliés topographiquement pour réaliser les fonctions de service.

L'étude organique repère les éléments constitutifs, leur interaction et leurs liens.

Au découpage fonctionnel des fonctions en sous-fonctions, correspond en général un découpage organique. Le problème est bien sûr de faire coïncider ce découpage structurel en sous-systèmes responsables de fonctions techniques clairement identifiées.

### 2.2.3 LE POINT DE VUE TEMPOREL

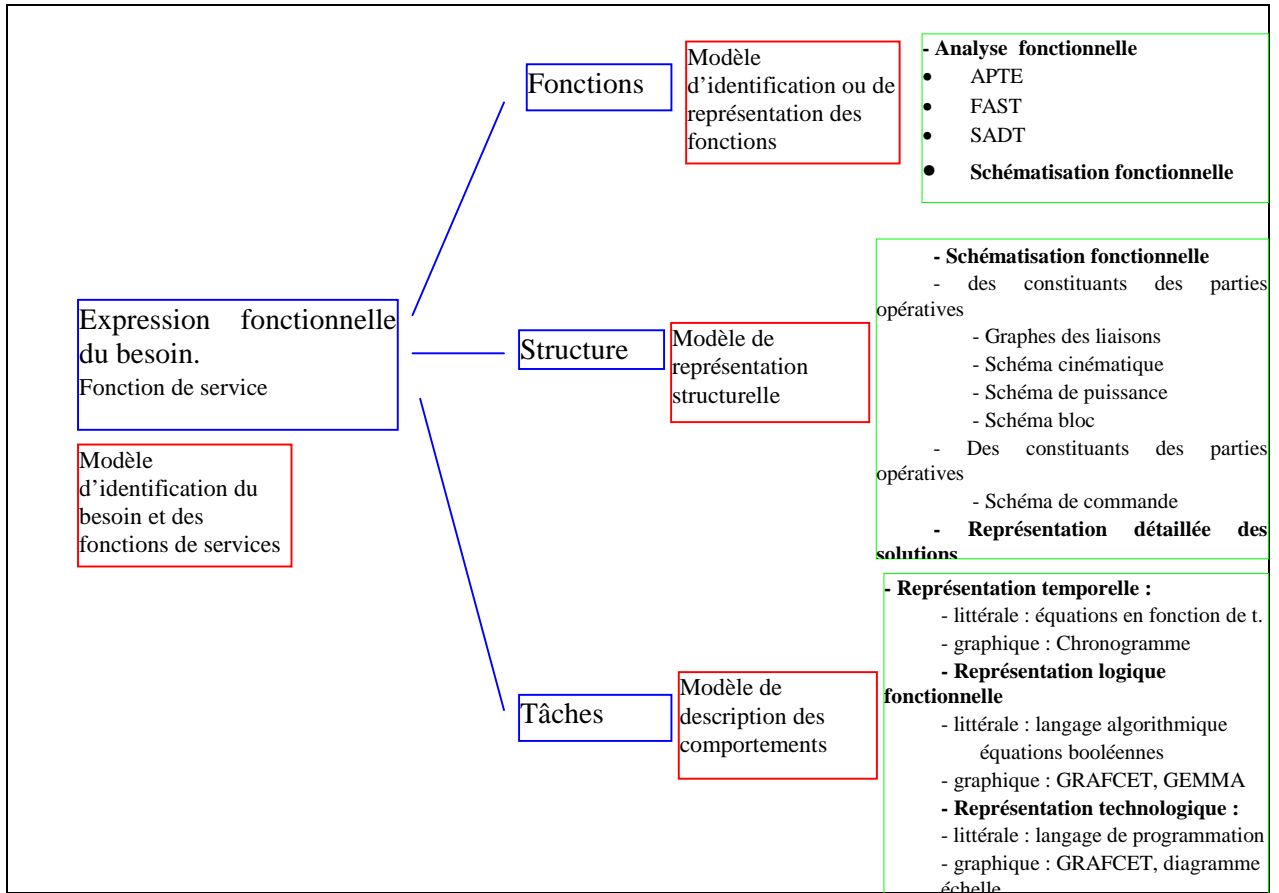
Une tâche est une action faite en un temps fini. On s'intéresse ici à la succession chronologique des actions nécessaires à la réalisation des fonctions de services.

Pour le point de vue temporel, la variable temps est définie soit de manière explicite par des durées, des dates ou par des actions de durée fonction de la réalisation physique : grafcet, point de vue partie opérative, gamme d'opérations.

En conclusion, chaque point de vue fait l'objet d'une décomposition hiérarchisée. On utilise généralement des méthodes d'analyse descendante, c'est-à-dire qui va du cas général au particulier.

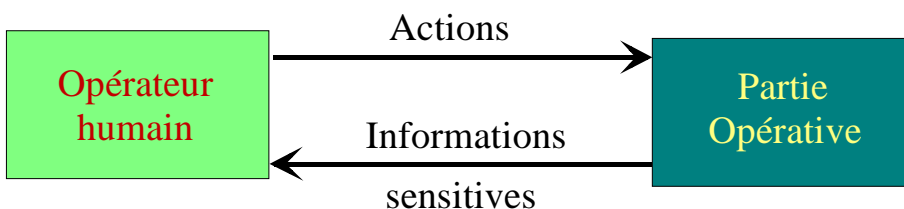
### 2.3 Modèles de représentation des systèmes automatisés

Il existe une grande variété de modèles et d'outils de représentation. Chacun a son champ d'utilisation qui lui est propre. Le schéma ci-dessous essaie de définir ces champs.



## 3 PRESENTATION DES SYSTEMES AUTOMATISES

### 3.1 Avant la mécanisation

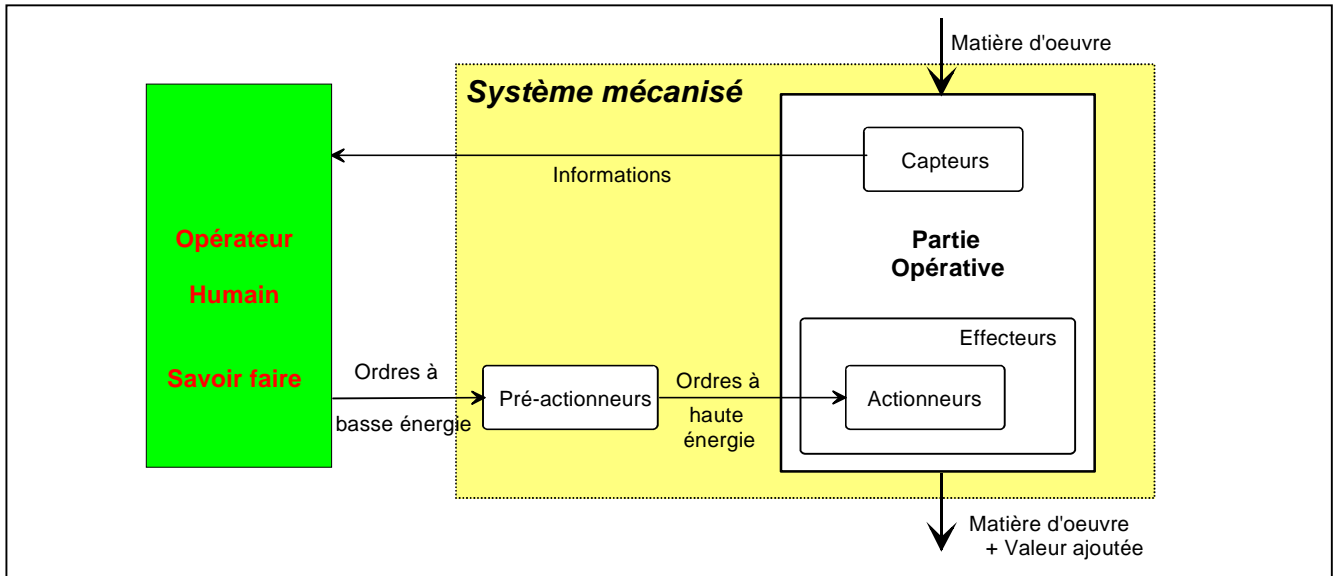


L'opérateur agit directement sur la Partie Opérative (PO), constituée d'outillage et d'appareils à énergie musculaire. Il reçoit de la PO des informations sensorielles (tactiles, visuelles...). En fonction de

celles-ci et de son savoir-faire (les connaissances, le "métier"), il prend des décisions d'action qu'il transmet à la PO sous forme d'ordres à haute énergie.

Citons comme exemple le travail d'extraction du minerai par un mineur de 1850 à 1930. L'énergie nécessaire est essentiellement fournie par la capacité musculaire du mineur. Son savoir faire lui permet de choisir la veine de charbon à explorer. Son pic lui permet de détacher le minerai.

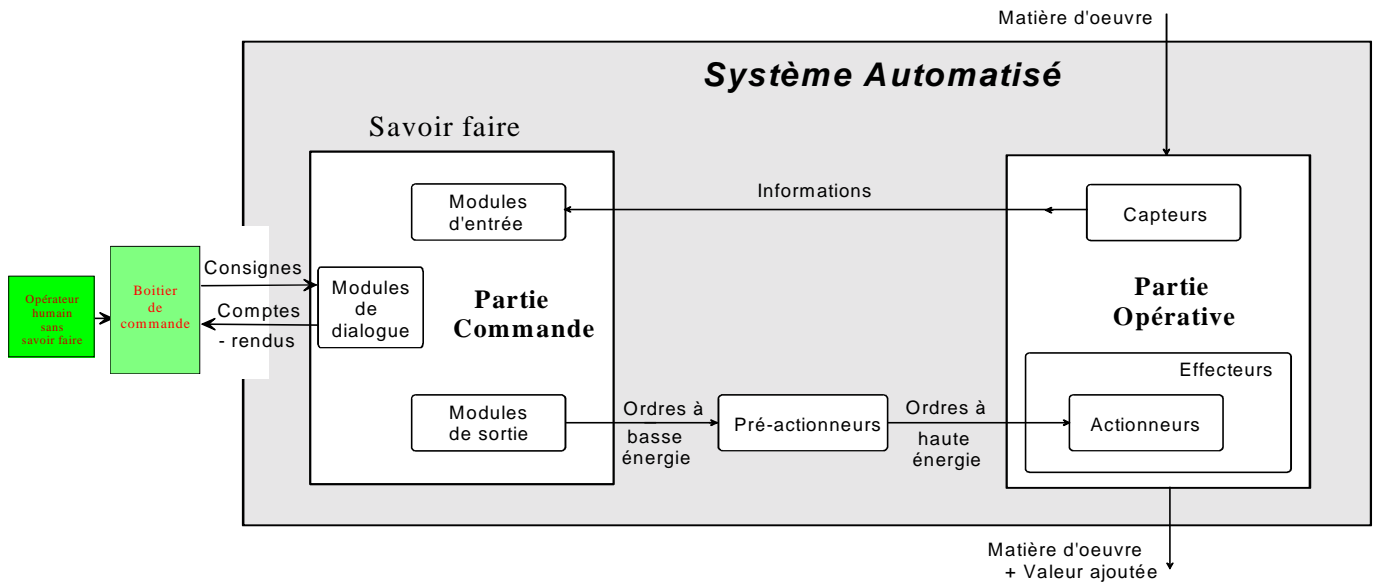
### 3.2 Après la mécanisation



La mécanisation améliore la **Partie Opérative** par l'introduction d'*effecteurs* qui opèrent directement sur le produit (outil, chariot, tapis roulant, bain électrolytique...); d'*actionneurs* (moteurs, pompes, électrodes...) qui, associés aux effecteurs, transforment les ordres à haute énergie en actions; de *pré-actionneurs* qui transforment les ordres à basse énergie provenant de l'opérateur en ordres à haute énergie transmis aux actionneurs; de *capteurs* qui traduisent les informations significatives pour l'observation de la PO, en un langage compréhensible par l'opérateur (température en °C, vitesse en m/s..).

L'opérateur possède toujours le savoir-faire, en fonction duquel il élabore les ordres destinés à la PO, via les pré-actionneurs.

### 3.3 Après l'automatisation



Le savoir-faire est maintenant contenu dans la **Partie Commande** (PC), qui reçoit les informations des capteurs, et élabore les ordres à basse énergie destinés aux pré-actionneurs. La PC reçoit de la part de l'opérateur des consignes générales (et non des "ordres": la PC voit ces consignes comme des informations).

La **Partie Commande**, considérée comme un sous-système, comporte :

- des *interfaces* :

*modules d'entrée* recevant les informations des capteurs ;

*modules de sortie* traduisant les ordres à destination des pré-actionneurs ;

*modules de dialogue* permettant la communication avec l'opérateur ou d'autres

PC ;

- une *unité centrale*, avec :

mémoire de programme contenant le savoir-faire ;

mémoires vives pour stockage temporaire des informations externes et internes ;

unités de calcul pour élaborer les ordres et éléments de dialogue en fonction des informations et du programme.

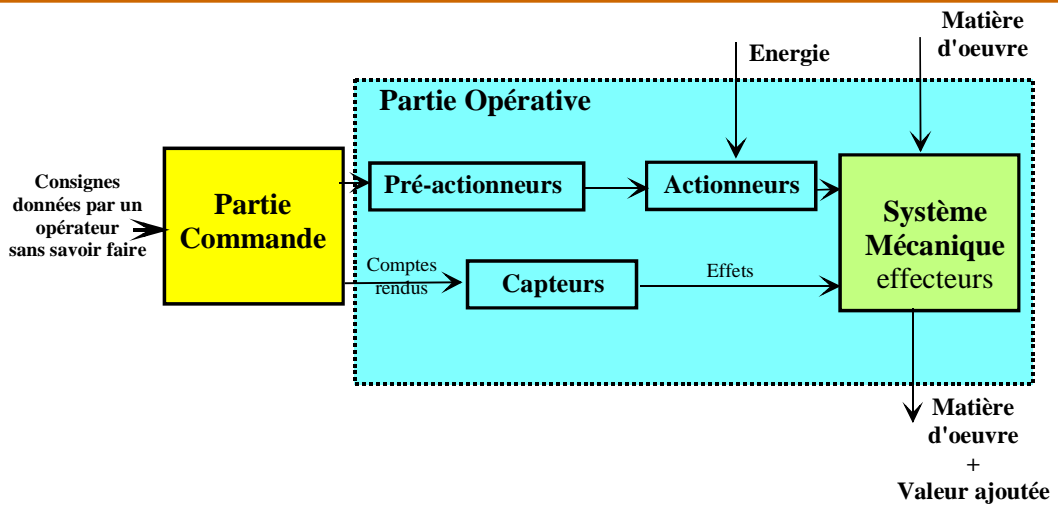
(La terminologie informatique de ce dernier paragraphe peut, avec un peu de bonne volonté, s'appliquer à toutes les technologies de PC).

## 4 LA STRUCTURE D'UN SYTEME AUTOMATISE

La structure fonctionnelle des systèmes automatisés se représente souvent comme ci-dessous :

Analyse fonctionnelle

LES SYSTEMES AUTOMATISES - Cours



Il est facile à présent de définir parfaitement les entrées et les sorties en fonctions du point de vue.

*Exemple* : les entrées-sorties du système automatisé sous le point de vue de la partie commande.

Les entrées : elles viennent de l'opérateur via le boîtier de commande et de la partie opérative via les capteurs.

Les sorties se dirigent vers la partie opérative via les pré-actionneurs qui gèrent l'énergie des actionneurs.

Cette notion de point de vue "partie commande" sera très utile pour l'étude des systèmes automatisés à logique séquentielle.

**4.1 Principes de commande**

En fonction de la précision du système (Machine outil en position et en vitesse, attitude d'un satellite en position, hauteur de caisse d'un véhicule, etc.) la chaîne fonctionnelle peut être conçue selon deux grands principes de commande.

Ce sont la boucle ouverte nommée aussi chaîne directe et la boucle fermée.

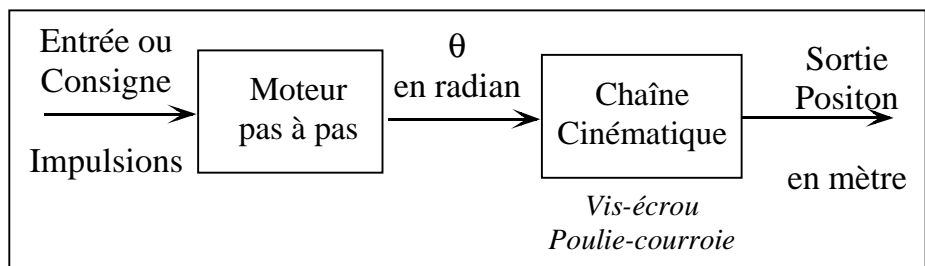
**4.1.1 LA CHAINE DIRECTE**

**4.1.1.1 Le principe**

La sortie du système suit la loi de l'entrée ou consigne.

**4.1.1.2 Un exemple**

Sur certaines machines outil de gravage ou une table traçante, la chaîne fonctionnelle est la suivante :





Le fonctionnement d'un moteur pas à pas : une impulsion de tension implique une rotation d'un angle appelé précision du moteur. En général, un moteur pas à pas classique à une précision d'un quatre centième par tour. Si le pas  $p$  de la vis (du système vis écrou) est de 2 mm, la précision  $r$  du système sera de

$$r = \frac{2\pi}{400} \cdot p \text{ mm.}$$

Attention, si la puissance utile est supérieure à la puissance maximale du moteur, des pas moteur seront perdus et de ce fait la consigne de déplacement ne sera pas respectée. La puissance utile sera ici considérée comme une perturbation (inconnue car la puissance utile dépend de la nature du matériau non homogène à graver et de l'état d'usure de l'outil). En règle générale, lorsque les perturbations ont de grandes variations, il sera judicieux de concevoir une chaîne fonctionnelle en boucle fermée.

#### 4.1.2 CHAINE FONCTIONNELLE EN BOUCLE FERMEE

##### 4.1.2.1 Le principe

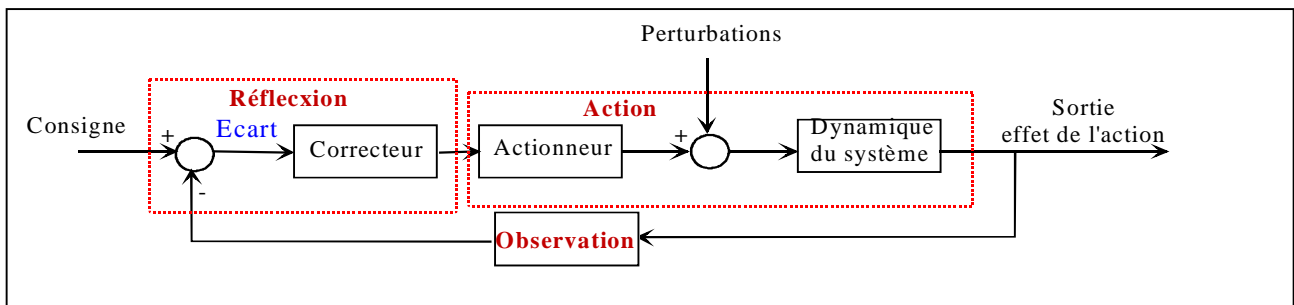
Le principe de la commande en boucle fermée est de gérer à tout instant l'écart entre la consigne (entrée) et la sortie. Les phases essentielles d'un asservissement (système asservi ou système en boucle fermée) sont :

**La réflexion,**

**L'action,**

**L'observation,**

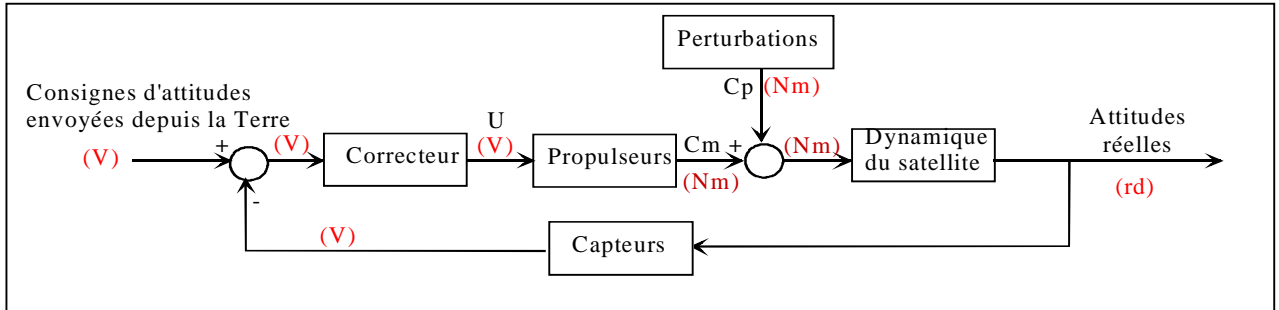
L'organisation structurelle de ces phases se présente comme suit :



Le correcteur permet de moduler la commande de l'actionneur en fonction de l'écart. Ce correcteur peut être proportionnel, ce qui rend le système plus nerveux dont plus rapide mais moins stable. Pour réduire la nervosité du système, un correcteur proportionnel intégral sera adopté mais donnera forcément du retard et pourra rendre le système oscillant voir instable. En utilisant un correcteur proportionnel dérivé, il est possible de faire réagir le système en fonction de la variation de l'écart. Tous ces effets de correction, sont détaillés dans le cours "correction des systèmes automatisés".

4.1.2.2 Un exemple

Le maintien de l'attitude du satellite HOT BIRD™ 4 en mode normal a été assuré par les ingénieurs de la Société Matra Marconi Space selon par le schéma fonctionnel suivant :



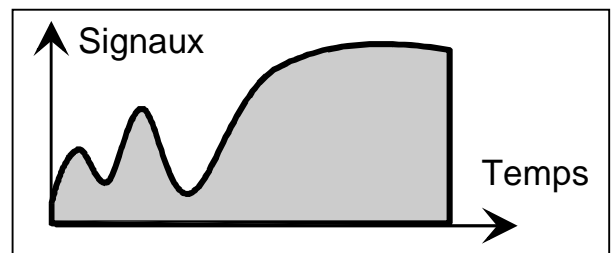
Sur un schéma fonctionnel, il est important d'indiquer les unités des différentes variables. Ceci permet de vérifier la réalité structurelle du schéma. Les comparateurs doivent avoir des entrées et sorties de mêmes unités.

5 LES TYPES DE SYSTEMES AUTOMATISES

En conclusion de cette présentation générale, les systèmes automatisés sont classés selon la nature des signaux traités.

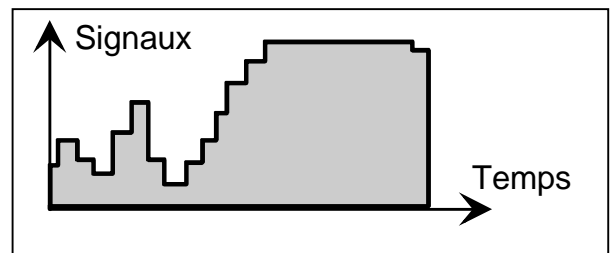
5.1 Systèmes à signaux continus ou systèmes analogiques

Les systèmes analogiques modélisent les grandeurs physiques dont l'information prend des valeurs continues. Une sous-classe de ces systèmes (les systèmes asservis linéaires) fait l'objet du programmes de SI en C.P.G.E.



5.2 Systèmes à signaux échantillonnés

Ce sont ceux où les signaux sont discrétisés, c'est à dire prennent leur valeur dans un ensemble fini. Cet échantillonnage permet de traiter numériquement, par une approximation, les variables continues. Ces systèmes ne sont pas étudiés en C.P.G.E.



5.3 Systèmes à signaux binaires ou systèmes logiques

Les systèmes logiques sont ceux où les signaux prennent des valeurs binaires 0 ou 1. Il existent deux types de systèmes logiques : ceux à logique combinatoire ou à logique séquentielle.

