

## Chapitre 1 : Introduction aux systèmes automatisés

### 1.1- Introduction

Dans ce chapitre nous allons effectuer une introduction aux systèmes automatisés en visant les points suivants :

- 1- Fonction globale d'un système automatique ;
- 2- Automatisation et structure des systèmes automatisés ;
- 3- Pré-actionneurs (Contacteurs, Triac, ...) ; Actionneurs (vérins, Moteurs, ...) ; Capteurs ;
- 4- Classification des systèmes automatisés ;
- 5- Spécification des niveaux du cahier des charges ;
- 6- Outils de représentation des spécifications fonctionnelles.

### 1.2- Fonction globale d'un système automatisé

#### 1.2.1- Définition d'un "Système automatisé"

Un système automatisé est un ensemble d'éléments organisés pour réaliser de manière autonome des opérations, qui exigeaient auparavant l'intervention humaine, dans un but précis (donner une valeur ajoutée à une matière d'œuvre). Ou agir sur une matière d'œuvre afin de lui donner une valeur ajoutée. Figure 1.

#### Exemple de système automatisé:

Un embouteillage automatisé (remplissage, capsulage et étiquetage) permet d'assurer une cadence sûre, rapide et régulière.

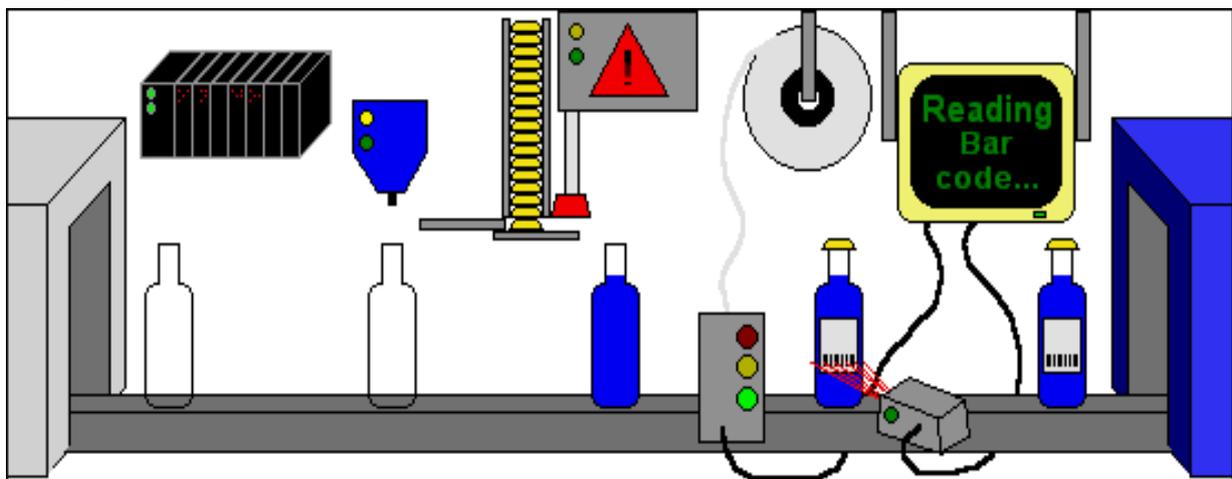


Figure 1 : Système automatisé

Un "Système Automatisé" est un système qui exécute toujours le même travail pour lequel il a été conçu.

**Un système automatisé** ou **automatique** est un système réalisant des opérations dans lequel **L'homme n'intervient que dans la programmation du système et dans son réglage.**

**Un système automatisé effectue sans l'intervention de l'utilisateur, des tâches programmées à l'avance. Un système est dit automatisé s'il exécute toujours le même cycle de travail après avoir reçu les consignes d'un opérateur.**

Un opérateur suit l'évolution du système et contrôle le bon déroulement du cycle de fonctionnement. Il assure la programmation, le démarrage et l'arrêt du système (en cas de problème).

**Automatique**, c'est l'ensemble de théories et de techniques pour la prise de décision et la commande des systèmes. **L'Automatique** est ainsi la discipline scientifique permettant de caractériser les systèmes automatisés et de choisir, concevoir et réaliser la commande des systèmes.

**L'automatisation industrielle** est la mise en œuvre des moyens automatiques pour la réalisation d'un processus de production.

L'automatisation permet de :

- Accroître la productivité (rentabilité, compétitivité) du système
- Améliorer la flexibilité de production ;
- Améliorer la qualité du produit
- Adaptation à des environnements hostiles pour l'homme (milieu toxique, dangereux, nucléaire...), adaptation à des tâches physiques ou intellectuelles pénibles pour l'homme (manipulation de lourdes charges, tâches répétitives parallélisées...),
- Augmenter la sécurité, etc...

### 1.2.2- Fonction globale d'un système automatisé

La fonction globale d'un système automatisé permet d'apporter une valeur ajoutée à un ensemble de matières d'œuvre dans un environnement ou un contexte donné. Figure 2. De plus, un système de production est dit « industriel » si l'obtention de cette valeur ajoutée, pour un ensemble de matières d'œuvre donné, a un caractère reproductible et peut être exprimée et quantifiée en termes économiques.

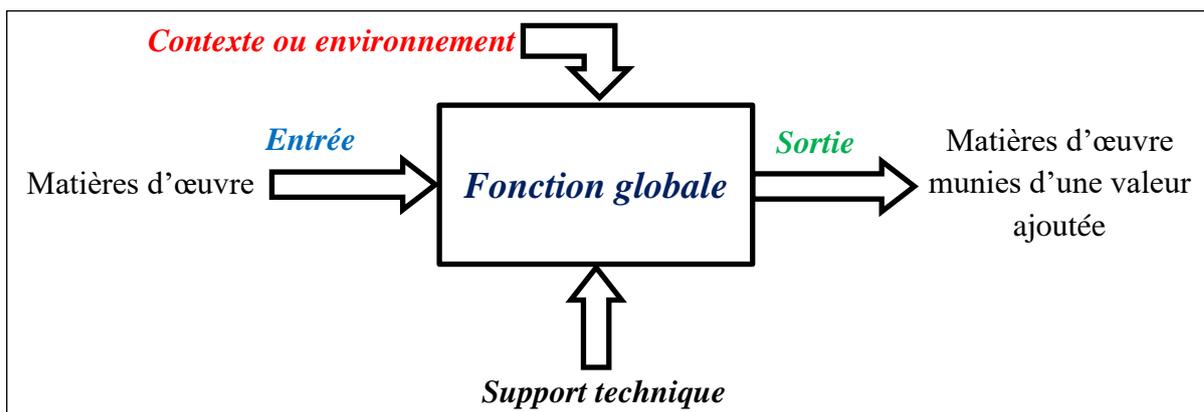


Figure 2 : Fonction globale d'un système automatisé

#### 1.2.2.1- Matières d'œuvre

Une matière d'œuvre peut se présenter sous plusieurs formes. Par exemple :

- ❖ Un PRODUIT, c'est à-dire de la matière, à l'état solide, liquide ou gazeux, et sous une forme plus ou moins transformée :

- ✓ des objets techniques : roulement, moteur, véhicule, ...etc
- ✓ des produits chimiques : pétrole, matière plastiques...etc
- ✓ des produits textiles : fibre, tissu, vêtements...etc
- ✓ des produits électroniques : transistor, puce, microprocesseur, automate programmable,...etc
- ❖ De l'ENERGIE
  - ✓ sous forme : électrique, thermique, hydraulique,...etc
  - ✓ qu'il faut : produire, stocker, transporter, convertir, utiliser,...
- ❖ De l'INFORMATION
  - ✓ sous forme écrite, physique, audiovisuelle,...etc
  - ✓ qu'il faut : produire, stocker, transporter, transmettre, communiquer, décoder, utiliser,...etc

### 1.2.2.2- Valeur ajoutée

La valeur ajoutée à ces matières d'œuvre est l'objectif global pour lequel a été défini, conçu, réalisé puis éventuellement modifié, le système. Cette valeur ajoutée peut résulter par exemple :

- ❖ Une *modification physique* des matières d'œuvre :
  - ✓ traitement mécanique : usinage, broyage,...etc
  - ✓ traitement chimique ou biologique ;
  - ✓ conversion d'énergie ;
  - ✓ traitement thermique ;
- ❖ D'une *mise en position* particulière, ou d'un *transfert*, de ces matières d'œuvre :
  - ✓ Manutention, transport, stockage ;
- ❖ D'un *prélèvement d'information* sur ces matières d'œuvre :
  - ✓ contrôle, mesure, lecture,...etc

### 1.2.2.3- Contexte et valeur ajoutée

- La nature, la quantité et la qualité de la valeur ajoutée peuvent varier pour tenir compte de l'évolution des besoins de la société dans laquelle s'insère le système. Ce qui peut conduire à modifier le système, voire l'abandonner pour en construire un nouveau.
- L'environnement, c'est à-dire le *contexte* physique, social, économique, politique,...joue un rôle essentiel dans le fonctionnement du système et influe sur la qualité et / ou la quantité de la valeur ajoutée.

### 1.2.2.4- Formalisme de la fonction globale d'un système automatisé

Un système automatisé est représenté par une boîte appelée *actigramme* dans laquelle on inscrit sa *fonction globale* du point de vue de l'utilisateur. La fonction globale est représentée par un *verbe en majuscule à l'infinitif* obtenu de la question (à *quoi sert ce système ?*).

### Analyse fonctionnelle d'un système technique électrotechnique

La compréhension des systèmes et objets techniques nécessite l'étude :

- de l'action qu'ils exercent sur leur environnement ;
- de leur organisation fonctionnelle et structurelle.

Pour faciliter l'étude il est possible :

- de modéliser le système ;
- d'associer à cette modélisation un formalisme graphique.

La méthode *SADT (Structured Analysis and Design Technique)* est une *Technique Structurée d'Analyse et de Modélisation des Systèmes* qui se traduit par un outil graphique de représentation dont le modèle est composé : de diagrammes d'Activités ou Actigrammes représentant l'ensemble des activités du système.

La fonction globale du système se représente par l'actigramme, ou module d'activité, ou bloc d'activité numéroté  $A - 0$  (figure 3 ci-dessous).

Dans cette boîte rectangulaire s'écrit l'activité faite sur la matière d'œuvre qui peut être matérielle, informationnelle ou énergétique (des verbes d'action à l'infinitif sont utilisés).

**Remarque :** ce modèle est valable pour tous les modules d'activité.

Les contraintes liées à un module d'activité modifient, déclenchent et contrôlent l'activité de la fonction :

**Contrainte de réglage  $R$**  : elle exprime une modification d'un paramètre sans changer la nature de l'activité (réglage de vitesses, de courses, réglage d'un relais thermique,...) ;

**Contrainte d'exploitation  $E$**  : elle influe sur les conditions de fonctionnement ou d'arrêt du système par rapport à des problèmes de sécurité ou en fonction des ordres de l'opérateur dans le cadre du dialogue homme-machine (départ cycle, réarmement,...) ;

**Contrainte de configuration  $C$**  : elle permet de modifier fondamentalement l'activité au moyen de dispositifs mémorisables (exemple : automate programmable), en vue d'obtenir des activations particulières prévues à l'avance (configuration 1 : perçage sans débouillage, configuration 2 : perçage avec débouillage) ;

**Contrainte énergétique  $W$**  : nécessaire au système pour modifier, transformer, déplacer, ... la matière d'œuvre et lui conférer de la valeur ajoutée.

L'énergie peut aussi figurer en entrée d'un module, en tant que matière d'œuvre entrante lorsque le système alimente, distribue, transforme, ... de l'énergie.

**Remarque :**

Un module d'activité doit avoir au moins une contrainte qui contrôle ou déclenche son activité ;

Les données de sorties d'un module d'activité peuvent constituer des données d'entrée ou des contraintes d'activité pour un autre module ;

Si l'énergie nécessaire au support technique est prélevée sur la matière d'œuvre à traiter (énergie), on la représente comme une contrainte d'activation.

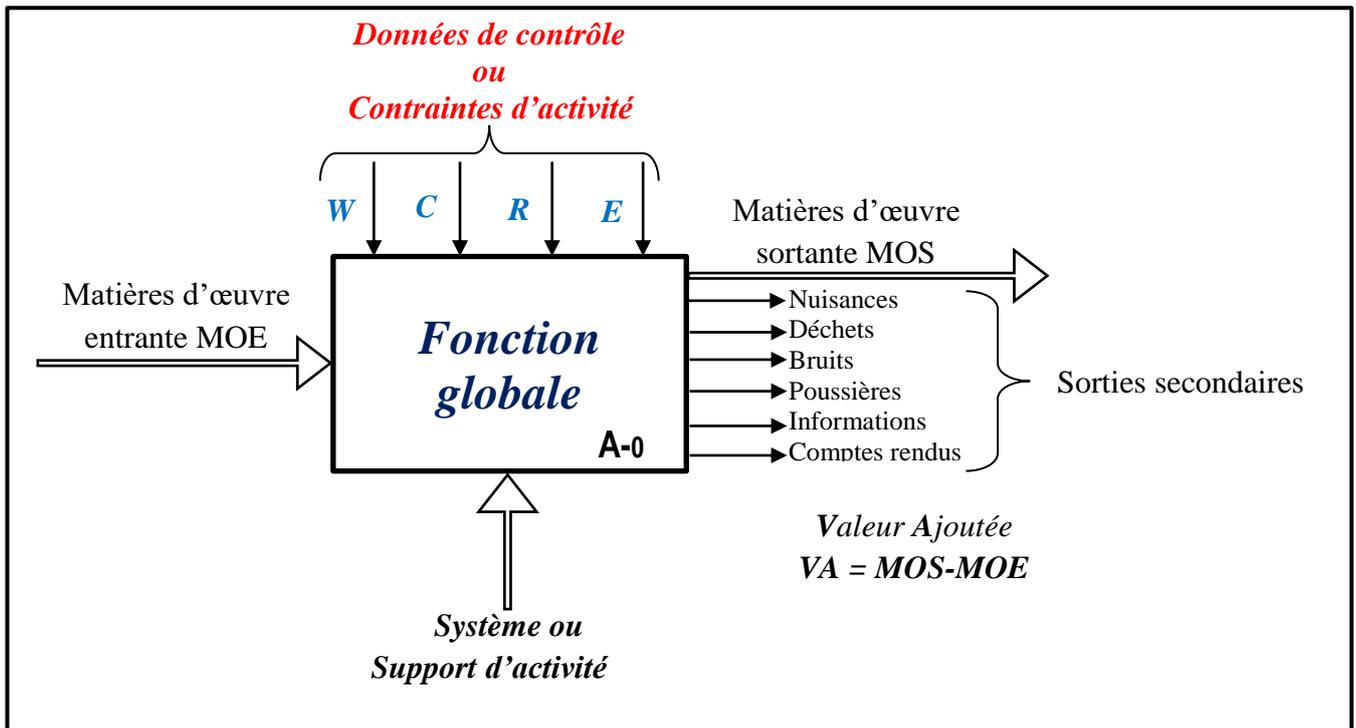


Figure 3 : Actigramme représentatif d'une fonction globale d'un système automatisé

### 1.3- Automatisation et structure des systèmes automatisés

#### 1.3.1-Description

De façon générale, tout automatisme comporte 2 parties qui coopèrent et dialoguent : la partie opérative et la partie commande. La figure 4 schématise les interrelations entre ces parties d'un automatisme.

**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 opérative est composée de **capteurs** et d'**actionneurs**.

Elle effectue les opérations en produisant des mouvements, de la chaleur, de la lumière, des sons.

**La partie commande** ou **PC** qui gère de façon coordonnée les actionneurs de la PO afin d'obtenir les effets souhaités à partir d'un modèle de fonctionnement et de diverses consignes. En général, la partie commande est composée d'un ordinateur ou d'un circuit électronique.

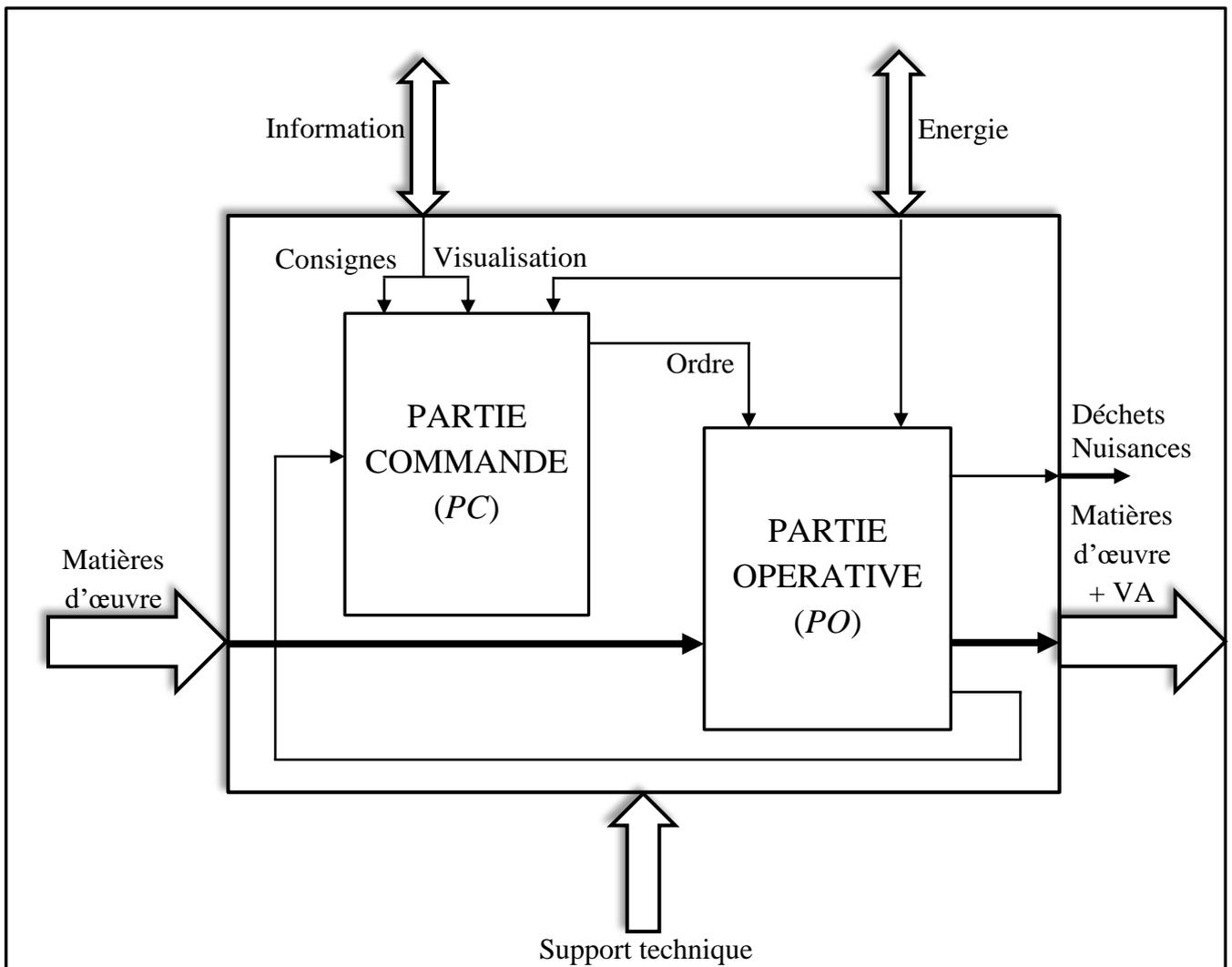
Elle assure le pilotage et le contrôle du système.

La PO et la PC échangent entre elles des informations :

- Comptes rendus dans le sens PO  $\longrightarrow$  PC
- Ordres dans le sens PC  $\longrightarrow$  PO

Ces échanges sont assurés par des fonctions internes au système.

La PC et la PO sont par ailleurs en relation permanente avec l'environnement (opérateur, tableau de signalisation, autres PC, etc.) avec lequel elles échangent également des informations. Dans ce cas, ce sont les fonctions et relations entre le système et son environnement qui sont sollicitées et mises en œuvre.



## 1.4- Pré-actionneurs, Actionneurs et capteurs

### 1.4.1- Structure fonctionnelle d'un système automatisé

Un système automatisé est composé de plusieurs éléments qui exécutent un ensemble de tâches programmées sans que l'intervention de l'homme ne soit nécessaire. Exemples : le passage à niveau automatique, la porte de garage, etc...

Il est composé de:

- Chaîne d'information / La partie commande (PC): elle donne les ordres et reçoit les informations de l'extérieur ou de la partie opérative. Elle peut se présenter sous 3 manières différentes : un boîtier de commande, un API ou un microprocesseur (cerveau électronique), ou un ordinateur
- Chaîne d'énergie / La partie opérative (PO): c'est la partie d'un système automatisé qui effectue le travail. Autrement dit, c'est la machine. C'est la partie qui reçoit les ordres de la partie commande et qui les exécute. Elle comporte les capteurs et les actionneurs:

#### 1.4.1.1- Organisation fonctionnelle

Les fonctions et relations internes au système concernent essentiellement la gestion des informations, depuis leur acquisition ou saisie jusqu'à leur exploitation au niveau de la PO.

Cette gestion comporte les 3 phases suivantes :

- Acquisition des informations

- Traitement des informations
- Exploitation des informations

La figure 5 ci-dessous traduit l'organisation fonctionnelle d'un système automatisé.

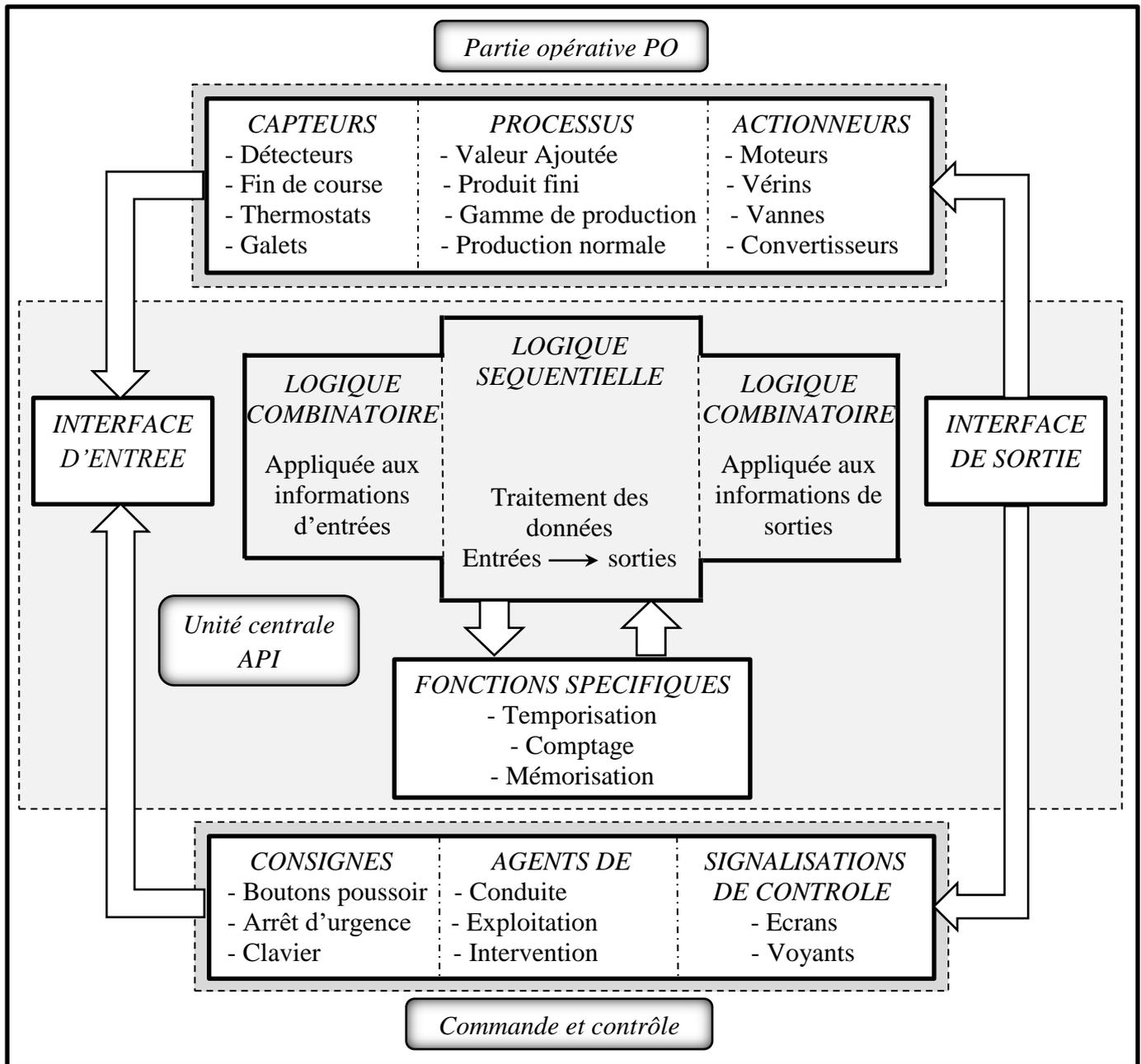


Figure 5 : **Organisation fonctionnelle d'un système automatisé**

En général, ils transforment un type d'énergie en un autre :

- Un moteur transforme de l'énergie électrique en énergie mécanique (rotation).
- Un vérin transforme de l'énergie pneumatique ou hydraulique en énergie mécanique (translation).

#### **a- Fonction acquérir les informations**

Cette fonction a pour objectif de fournir à la PC les informations relatives à l'état du système, c'est à dire au comportement à tout instant de la PO et de contrôler les effets des ordres qu'elle adresse.

Les objets techniques qui permettent la saisie des informations sont les *capteurs*. Toutefois, les signaux délivrés par ces organes n'étant pas toujours compatibles avec les caractéristiques de l'unité centrale de traitement, il est nécessaire de **les adapter** : on fait alors appel à *la fonction interfaçage*.

L'interfaçage permet l'adaptation des signaux électriques pour leur traitement dans l'unité centrale. *C'est un interfaçage d'entrée.*

### b- Fonction traiter les informations

Le traitement des informations est assuré par la PC : l'unité centrale de traitement, qui peut être en logique câblée ou en logique programmée, génère les signaux de commande ou ordres en direction de la PO.

Là encore, les signaux délivrés par l'unité de traitement n'étant pas toujours compatibles avec les caractéristiques des *pré-actionneurs*, il est nécessaire de **les adapter** au moyen de *la fonction interfaçage*.

L'interfaçage qui permet l'adaptation des signaux électriques générés par l'unité centrale pour leur exploitation dans le système commandé *est un interfaçage de sortie.*

La figure 6 ci-dessous montre les fonctions principales d'un système de traitement des informations.

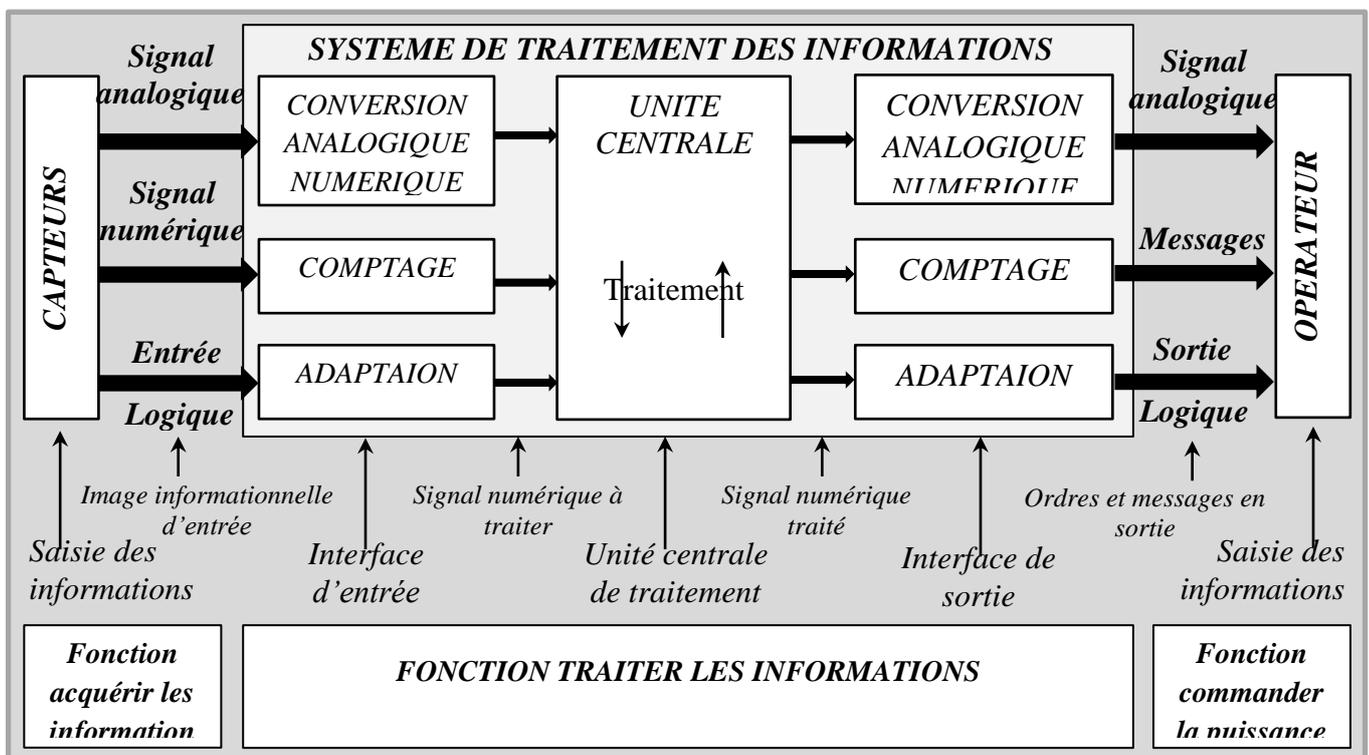


Figure 6 : fonctions principales d'un système de traitement des informations.

### c- Fonction commander la puissance

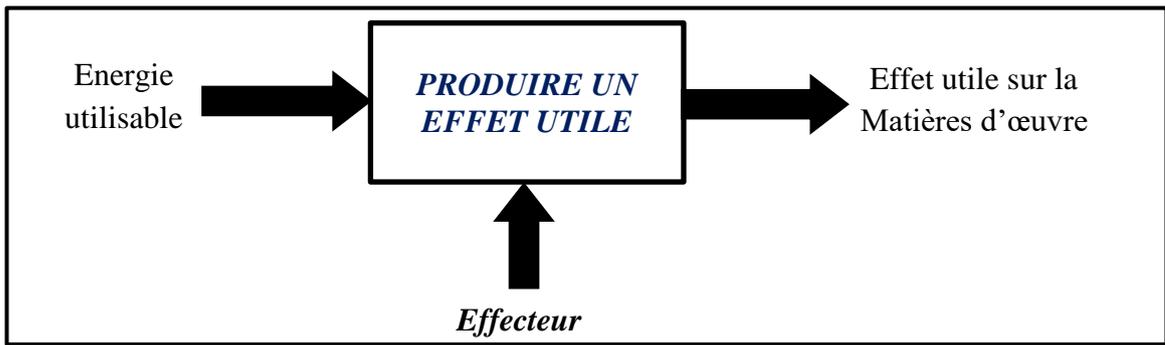
Cette fonction qui permet à la PO d'exécuter les ordres émis par la PC met en œuvre 3 types d'objets techniques :

L'EFFECTEUR, L'ACTIONNEUR et LE PREACTIONNEUR

#### - L'effecteur

Un effecteur est un ensemble qui utilise de l'énergie, sous la forme qui lui est adaptée, pour produire un effet utile sur la matière d'œuvre en lui conférant une certaine valeur ajoutée.

Dans une chaîne d'action, l'effecteur est le dispositif terminal qui agit directement sur la matière d'œuvre traitée par le système figure 7 ci-dessous.



(a)



(b)



(c)

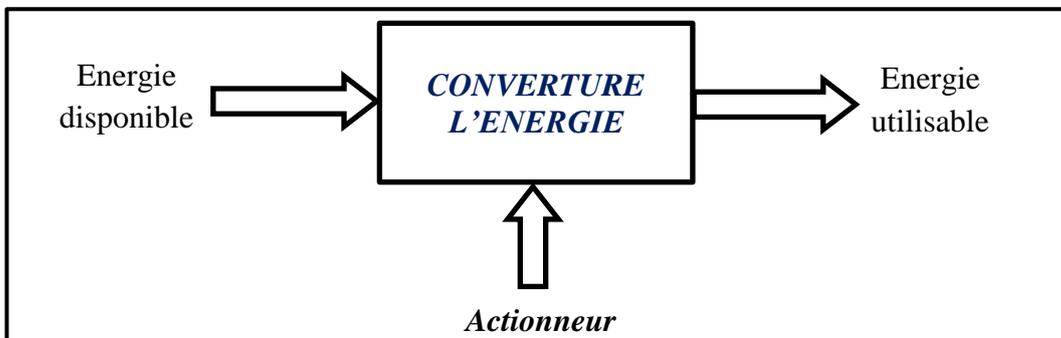
Figure 7: Effecteurs

a- Produire un effet utile    b- Effecteur d'extrémité mécanique    c- Main adaptative à 3 doigts

**- L'actionneur**

Un actionneur est un constituant de puissance qui convertit une énergie d'entrée en une énergie de sortie utilisable pour obtenir une action définie.

Les types d'actionneurs sont nombreux et diversifiés. On peut citer en exemples les actionneurs dynamiques (moteurs électriques, vérins pneumatiques ou hydrauliques, etc.), les actionneurs statiques (résistances électriques, électro-aimants, etc.) figure 8 ci-dessous.



(a)



(b)



(c)



(d)

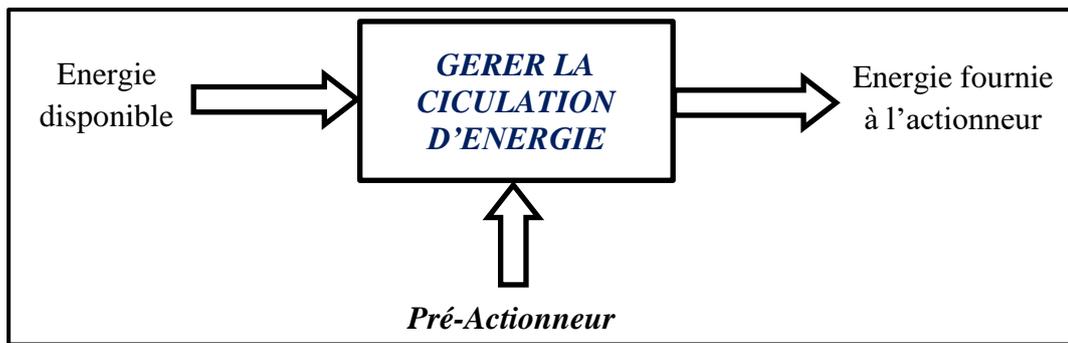
Figure 8: **Actionneurs**

a- Couverture l'énergie b- Moteur électrique c- Vanne pneumatique d- Vérin pneumatique

### c- Le pré actionneurs

Un pré-actionneur est un constituant de gestion de l'énergie de commande d'un actionneur lorsque sa puissance est supérieure à 10 watts environ.

Les pré-actionneurs sont principalement de type tout ou rien (*TOR*). Ils commandent exclusivement l'établissement et l'interruption de la circulation de l'énergie entre une source et un actionneur. Figure 9 ci-dessous.



(a)



(b)



(c)

Figure 9: **Pré-Actionneurs**

a- Gérer la circulation d'énergie b- Contacteur électrique d- Distributeurs pneumatique

### 1.4.1.2- Chaîne fonctionnelle et échange d'information

#### a- Présentation

L'ensemble des échanges d'informations est contrôlé par le programme de la partie commande :

- L'opérateur donne des **consignes** à la partie commande.
- La partie commande adresse des **ordres** à la partie opérative.

- Les actionneurs exécutent les ordres reçus : **production** d'un phénomène physique.
- Les capteurs réagissent à une variation d'état : **détection** d'un phénomène physique.
- La partie opérative adresse des **comptes rendus** à la partie commande.
- La partie commande envoie à l'opérateur des **signaux** sur l'état du système ou de son environnement.

Il s'établit un **dialogue d'exploitation** entre l'opérateur et la partie commande, et un **dialogue de fonctionnement** entre la partie commande et la partie opérative.

### b- Schéma de principe

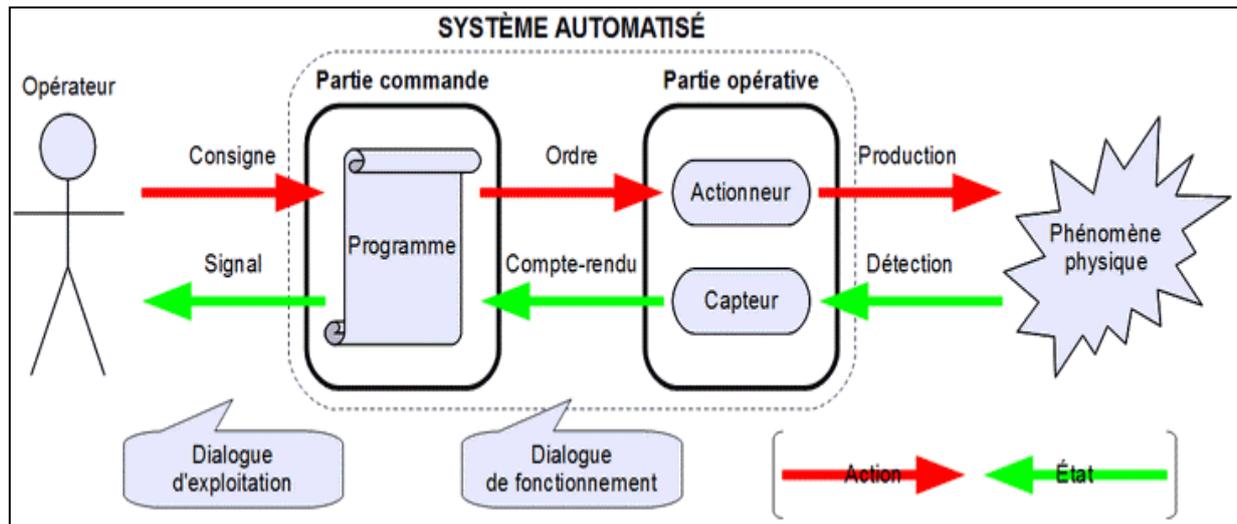


Figure 10 : Chaîne fonctionnelle et échange d'information

### Exemple

Décomposition des échanges d'informations dans un système d'ascenseur :

- **Consigne** : une personne appuie sur le bouton pour appeler la cabine.
- **Ordre** : le moteur doit se déclencher pour déplacer la cabine.
- **Phénomène physique** : la cabine monte ou descend.
- **Compte-rendu** : un capteur détecte le mouvement de la cabine.
- **Signal** : un voyant lumineux indique le sens de déplacement de la cabine.

### c- Modes de commande

Un système automatisé peut exécuter une suite d'opérations en **cycle ouvert** ou en **cycle fermé**.

#### Cycle ouvert

En cycle ouvert, les tâches s'enchainent et se répètent continuellement sans aucune vérification. C'est le cas des feux de carrefour fonctionnant de la même façon jour et nuit, sans tenir compte du trafic ni de la présence de piétons.

#### Cycle fermé

En cycle fermé, les tâches ne se déclenchent que lorsque c'est nécessaire, en prenant en compte l'état de l'environnement.

## 1.5- Classification des systèmes automatisés

Un système technique automatisé est un système constitué d'éléments issus de différentes

technologies (mécanique, électronique, pneumatique, informatique, ..). La classification de ces systèmes peut se faire selon :

#### **1.5.1- Par domaine d'activité**

- Industries de bases : Elles transforment les matières premières en produits semi finis, utilisables par d'autres secteurs industriels. La métallurgie et la pétrochimie sont des industries de base. Elles englobent les industries de l'énergie, de la chimie et de la sidérurgie.
- Industrie de biens d'équipement : Elles utilisent les produits semi-finis, pour produire des biens d'équipement, c'est-à-dire des biens qui servent à la fabrication des produits vendus aux clients. C'est par exemple le cas des industries métallurgiques, mécaniques, du matériel de transport, de construction électrique et électronique, du bâtiment...
- Industries des biens de consommation : Ces industries fabriquent les produits de consommation courants destinés à grand public. C'est le cas de l'industrie automobile, textile, alimentaire, des meubles et articles ménagers, de l'appareillage électrique, du livre, photo, cinéma...
- Industries de pointe : Certaines industries fabriquent des produits modernes : ce sont les industries de pointe. Elles doivent réaliser sans cesse des progrès ; pour cela, elles consacrent d'importantes sommes d'argent à la recherche. Les chercheurs, les ingénieurs et les techniciens mettent au point les techniques du futur, comme l'aérospatiale, l'informatique, l'électronique, les biotechnologies, la robotique, etc., emploient quantité de savants, d'ingénieurs, d'ouvriers très qualifiés et surtout des techniques sophistiquées. Mais les industries anciennes elles-mêmes ont recours aujourd'hui à des techniques de plus en plus sophistiquées : dans l'industrie du vêtement, on utilise le rayon laser pour couper le tissu.
- Industrie de service : Elle regroupe les activités liées à l'organisation et à la distribution des biens.

#### **1.5.2- Par nature de Matière d'œuvre (MO)**

- La matière d'œuvre de type physique au produit : Un produit : c'est-à-dire de la matière sous forme solide ou gazeux et sous forme plus ou moins transformée (ex :: produit technique, chimique, pharmaceutique, textile, ..)
- La matière d'œuvre de type information : De l'information sous forme écrite, physique, audiovisuelle,.... Qu'il faudra produire, stocker, transmettre, décoder, ....
- La matière d'œuvre de type énergétique : De l'énergie sous forme de l'électricité, mécanique, thermique, hydraulique, .... Qu'il faudra produire, stocker, transformer, ...

#### **1.5.3- Par nature de flux**

- Processus Continu : La transformation de la matière d'œuvre est continue (le cheminement du produit est constant) vers l'industrie chimique, la sidérurgie. Le temps est un critère important dans ce type de processus (réaction chimique, incomplète, refroidissement de l'acier trop rapide).
- Processus discontinus : La matière d'œuvre est transformée par phase successives (séquentiellement). A chaque phase de la production une partie de la valeur ajoutée globale est apportée. Le délai entre deux phases de production n'intervient pas dans le produit final (industrie automobile, industrie manufacturière).
- Processus mixtes : Association des deux processus (cuisson du pain et emballage de ceux-ci).

#### **1.5.4- Par critère techno-économique**

## Classification par forme de VA

- Le stockage : la MO ne subit aucune transformation.
- Le déplacement : La MO à changer de position.
- La transformation : La MO a changé de forme, de caractéristique
- Physique, d'état, de structure.

Les systèmes automatisés sont souvent classés en fonction de la nature des informations/signaux de commande(causes) et de mesure (effets).

Ces informations peuvent être de deux types : analogiques ou discrètes.

### *Définition Information analogique*

Une information analogique peut prendre toutes les valeurs possibles de manière continue. Un signal analogique peut être représenté par une courbe continue. Les grandeurs physiques (tension, température, pression, ...) sont des informations continues.

### *Définition Information discrète*

Une information discrète ne peut prendre qu'un nombre fini de valeurs.

### *Information logique*

Cette information est associée à l'état d'une variable qui ne peut prendre que deux valeurs (vrai/faux, noir/blanc, présence/non présence, 0/1 ...). L'information logique est aussi appelée (binaire ou « Tout Ou Rien » - TOR).

### *Information numérique*

Cette information numérique est généralement issue d'un traitement (échantillonnage et codage) d'informations analogiques à l'aide d'un CAN (Convertisseur Analogique Numérique). L'information numérique s'écrit sous la forme d'un mot binaire constitué de plusieurs variables binaires (bit).

### *Système logique vs asservi*

Il est donc possible de distinguer deux familles de systèmes automatisés :

#### *Systèmes logiques à événements discrets*

- Système à logique combinatoire : un signal logique (ou une combinaison de signaux logiques) conduit toujours à un unique état de la sortie du système. Dans ces systèmes, l'information logique est traitée de manière instantanée (digicode).
- Système à logique séquentielle : le déroulement s'effectue *étape* par *étape*, *séquence* par *séquence*. Pour ces systèmes, à une situation des entrées peuvent correspondre **plusieurs** situations de sortie. La sélection d'une sortie ou d'une autre dépend de la situation antérieure du dispositif (étape précédente). Le **GRAFCET** est l'un des principaux outils de conception de ces systèmes.

#### *Systèmes asservis ou asservissements*

Dans ces systèmes, on désire que la sortie suive avec précision les variations de l'entrée et ceci avec un temps de réponse réduit.

**Exemples :** direction assistée d'automobile, régulation de la température d'une chambre froide.

Les signaux traités sont analogiques ou numériques et leurs valeurs des grandeurs d'entrée (causes) ne peuvent pas être prédéterminées à l'avance pour une grandeur de sortie imposée (effet). Une mesure du signal de sortie est réalisée en permanence, sa valeur est comparée à l'entrée puis corrigée. La distinction système asservi analogique ou numérique tient compte uniquement du type d'information (analogique ou numérique).

## 1.6- Spécification des niveaux du cahier des charges

Afin de concevoir un système automatisé ou une machine spéciale, on a besoin d'établir l'analyse fonctionnelle ou l'analyse des besoins. Cela permet de déterminer toutes les fonctions à intégrer dans le système. Lors de l'analyse fonctionnelle, différents paramètres rentrent en jeu tels que le coût, la qualité et le délai. Il faut recenser, hiérarchiser et pondérer les différentes fonctions. On distingue 3 types de fonctions les fonctions principales (fonction pour lesquelles le système a été créé), les fonctions secondaires (fonctions amélioratrices) et les fonctions de contrainte (fonction qui limitent dans les choix).

Dans le cas d'un projet entre un prestataire de service et son client, le cahier des charges va servir d'interface entre ceux-ci. Le client va exprimer ses besoins de manière plus ou moins détaillée et lancer un appel d'offre, ainsi la société de prestation par l'intermédiaire d'un chargé d'affaire ou d'un chef de projet va se charger de répondre à l'offre en proposant une solution qui répond au mieux au besoin du client. Tout au long du projet, des réunions bilan se tiendront afin de suivre l'évolution du dossier, si besoin des changements pourront être fait à la demande du client.

La gestion de projet en automatisme, via les différents documents que sont l'analyse fonctionnelle, l'analyse organique et les spécifications techniques s'effectue sous 3

- La phase organisation du projet
- La phase conception du projet
- La phase mise en œuvre du projet

## 1.7- Outils de représentation des spécifications fonctionnelles

Dans un projet technique, les spécifications fonctionnelles sont une section du cahier des charges ou un document à part entière qui spécifie, décrit, précise les fonctionnalités du site, de l'application ou du logiciel en question.

On distingue 2 types de spécifications fonctionnelles :

- Les **spécifications fonctionnelles générales (SFG)**, qui décrivent le besoin métier, et qui sont rédigées par la **maîtrise d'ouvrage**, c'est-à-dire le client ou donneur d'ordre ;
- Les **spécifications fonctionnelles détaillées (SFD)**, qui sont élaborées par la **maîtrise d'œuvre**, c'est-à-dire l'exécutant. Celles-ci précisent le **comportement des fonctionnalités** et les sous-

fonctions du produit web, pour confirmer la prise en compte des besoins du client et obtenir la validation de ce dernier.

Il existe plusieurs mode de représentation de programmes automatiques, dont :

- 1- Instruction liste : ***IL***
- 2- Structure text : ***ST***
- 3- Diagram : ***Ladder***
- 4- Function block diagram : ***FBD***
- 5- Sequential function chart: ***SFC (GRAFCET)***,