

Matière : Architecture des Systèmes Automatisés

Chapitre 1: Les systèmes automatisés et leur structure

1.1. Introduction :

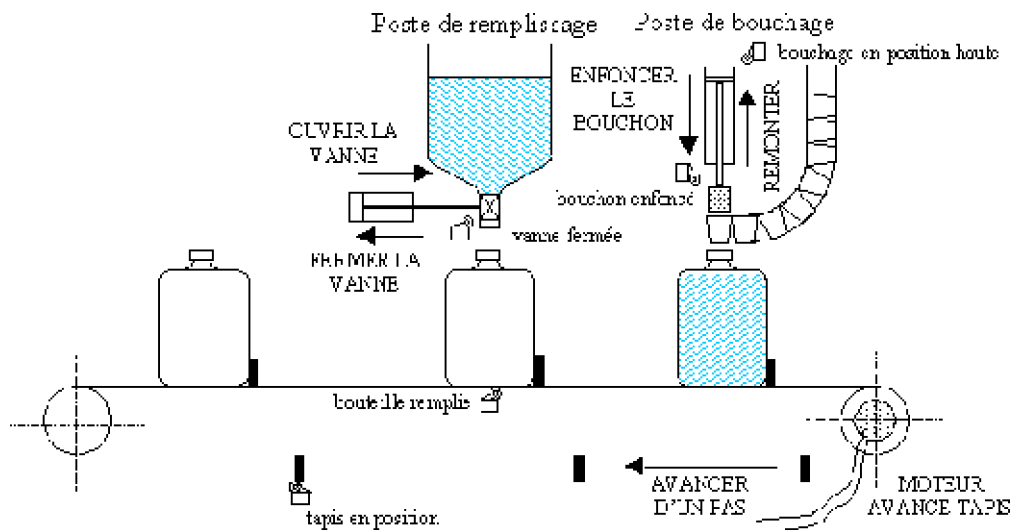
Un système : est un ensemble organisé d'éléments interagissant entre eux et avec l'extérieur, dans le but de réaliser une fonction définie.

Un système automatisé : ou automatique est un système qui exécute toujours le même cycle de travail qui est programmé à l'avance, sans l'intervention de l'utilisateur.

- L'opérateur assure la programmation, le démarrage et l'arrêt du système.
- Un système automatisé peut être composé de plusieurs systèmes automatisés.

Par contre, dans un système mécanique, l'utilisateur commande et contrôle l'ensemble des opérations.

La figure suivante présente un exemple d'un système automatisé industriel d'embouteillage.

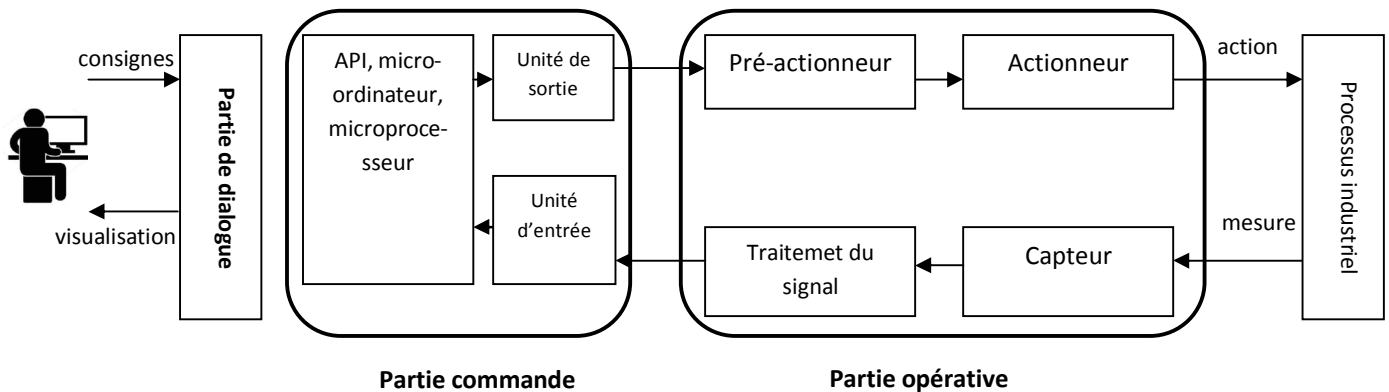


On trouve les systèmes automatisés dans des domaines très variés à titre d'exemple :

- ✓ L'industrie : ils permettent d'augmenter la sécurité et remplacent l'homme en accomplissant des travaux pénibles (convoyeur), répétitifs (ligne de montage), dangereux (atelier de peinture) ou dans des endroits inaccessibles (réacteur nucléaire).
- ✓ La vie quotidienne : Distributeur de boissons, les feux de carrefour, la barrière de parking, le distributeur de billets...
- ✓ La Domotique : C'est la gestion automatisée des bâtiments individuels et collectifs : éclairage, chauffage, sécurité, télécommunication, pilotage des appareils électrodomestiques...

1.2. Architecture générale des systèmes automatisés :

Un système automatisé est composé de deux parties principales : la partie opérative et la partie commande ; à lesquelles s'ajoute une troisième c'est la partie de dialogue :



Un système automatisé peut être assimilé à un Homme :

- Le Cerveau est la partie commande.
- Les 5 sens sont les capteurs.
- Les Muscles sont les actionneurs.
- Les Nerfs sont les liaisons entre ses diverses parties.

1.2.1 La partie opérative :

La partie opérative se compose des ensembles suivants :

- L'unité de production (effecteurs) dont la fonction est de réaliser la fabrication ou la transformation pour laquelle elle remplit un rôle dans le processus industriel.
- Les préactionneurs qui sont directement dépendants des actionneurs et sont nécessaires à leur fonctionnement (distributeur pour un vérin...etc)
- Les actionneurs qui apportent à l'unité de production l'énergie mécanique nécessaire à son fonctionnement à partir d'une source d'énergie extérieure (cas d'un moteur par exemple).
- Les capteurs qui créent, à partir de grandeurs physiques de natures divers (déplacement, température, pression...etc), des informations utilisables par la partie commande.

1.2.2. La partie commande :

La partie commande se compose des ensembles suivants :

- Les interfaces d'entrée qui transforment les informations issues des capteurs placés sur la partie opérative ou dans la partie dialogue en informations de nature et d'amplitude compatible avec les caractéristiques technologiques du système.
- Les interfaces de sortie qui transforment les informations élaborées par l'unité de traitement en informations de nature et d'amplitude compatibles avec les caractéristiques technologiques des préactionneurs d'une part, des visualisations et avertisseurs d'autre part ;

- L'unité de traitement (automates programmables industriels API, ordinateur, microprocesseurs) qui élabore les ordres destinés aux actionneurs en fonction des informations reçues des différents capteurs et du fonctionnement à réaliser.

1.2.3. La partie dialogue :

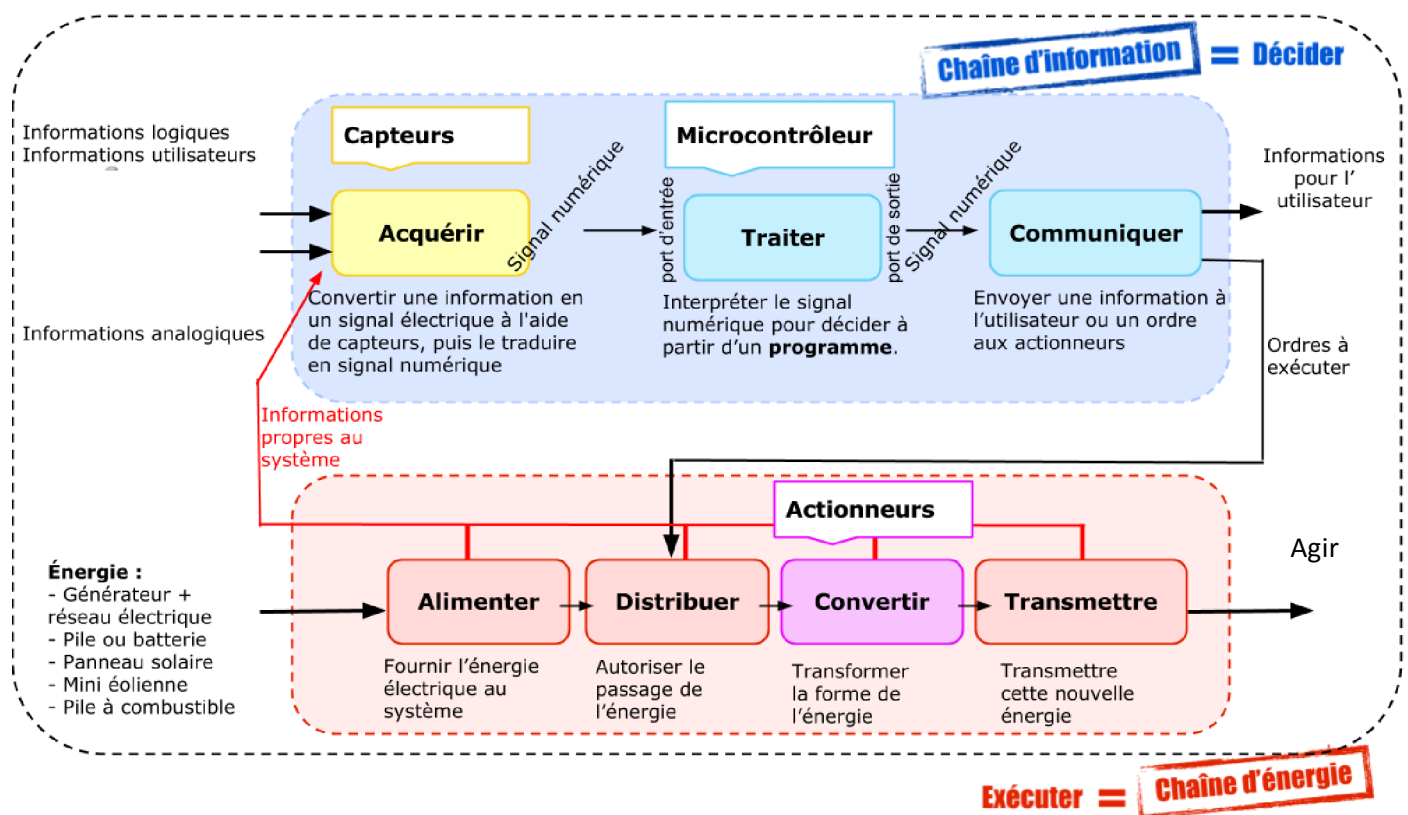
La partie dialogue se compose de deux ensembles :

- Les visualisations et avertisseurs qui transforment les informations fournies par l'automate en informations perceptibles par l'homme (informations optiques ou sonores) ;
- Les capteurs qui transforment les informations fournies par l'homme (action manuelle sur un bouton-poussoir, par exemple) et informations exploitables par l'automate.

1.3. La chaîne fonctionnelle :

Une chaîne fonctionnelle est l'ensemble de fonctions assurées par les constituants du système organisées en vue de l'obtention d'une tâche.

On décompose une chaîne fonctionnelle en 2 chaînes : La chaîne d'information et la chaîne d'énergie.



1.3.1. La chaîne d'information

Les chaînes d'information des systèmes automatisés comprennent majoritairement des composants et des cartes électroniques. De ce fait, les informations sont nécessairement des signaux électriques basse tension qui peuvent être de nature différente (analogique, numérique). Cette chaîne se décompose en 3 fonctions :

- **La fonction « acquérir »** : Les informations entrantes sont de deux sortes : Les consignes de l'opérateur et les comptes rendus de la chaîne d'énergie (des grandeurs physiques de position, vitesse, pression, température, débit, intensité...) qui sont recueillis par des capteurs)
- **La fonction « traiter »** : est assurée par la partie commande qui gère l'ensemble des informations.
- **La fonction « communiquer »** : se résume généralement à informer l'opérateur sur l'état du système, les actions à réaliser, certains défauts ou problèmes. Et les ordres envoyés à la partie opérative.

1.3.2 La chaîne d'énergie :

C'est la partie opérative du système qui est chargée de réaliser ce pourquoi il a été conçu mais pour ce faire, elle consomme de l'énergie. Elle se décompose en 4 fonctions

- **La fonction « alimenter »** : Généralement, l'énergie d'entrée est électrique, pneumatique ou hydraulique
- **La fonction « distribuer »** : Les composants assurant cette fonction sont des préactionneurs dont le rôle est de distribuer l'énergie seulement s'ils en reçoivent l'ordre de la partie commande.
- **La fonction « convertir »** : Dans la majorité des cas, l'énergie distribuée est électrique, pneumatique ou hydraulique. Pour agir sur la matière d'œuvre, on doit nécessairement obtenir une énergie mécanique ou thermique. On utilise pour cela des actionneurs qui convertissent l'énergie.
- **La fonction « transmettre »** : pour transformer l'énergie, passer par exemple d'un mouvement de rotation à un mouvement de translation.
- **La fonction « action »** : Les composants qui agissent directement sur la matière d'œuvre se nomment les effecteurs, ils servent à saisir, déplacer, fixer, assembler, modifier, trier, chauffer, etc.

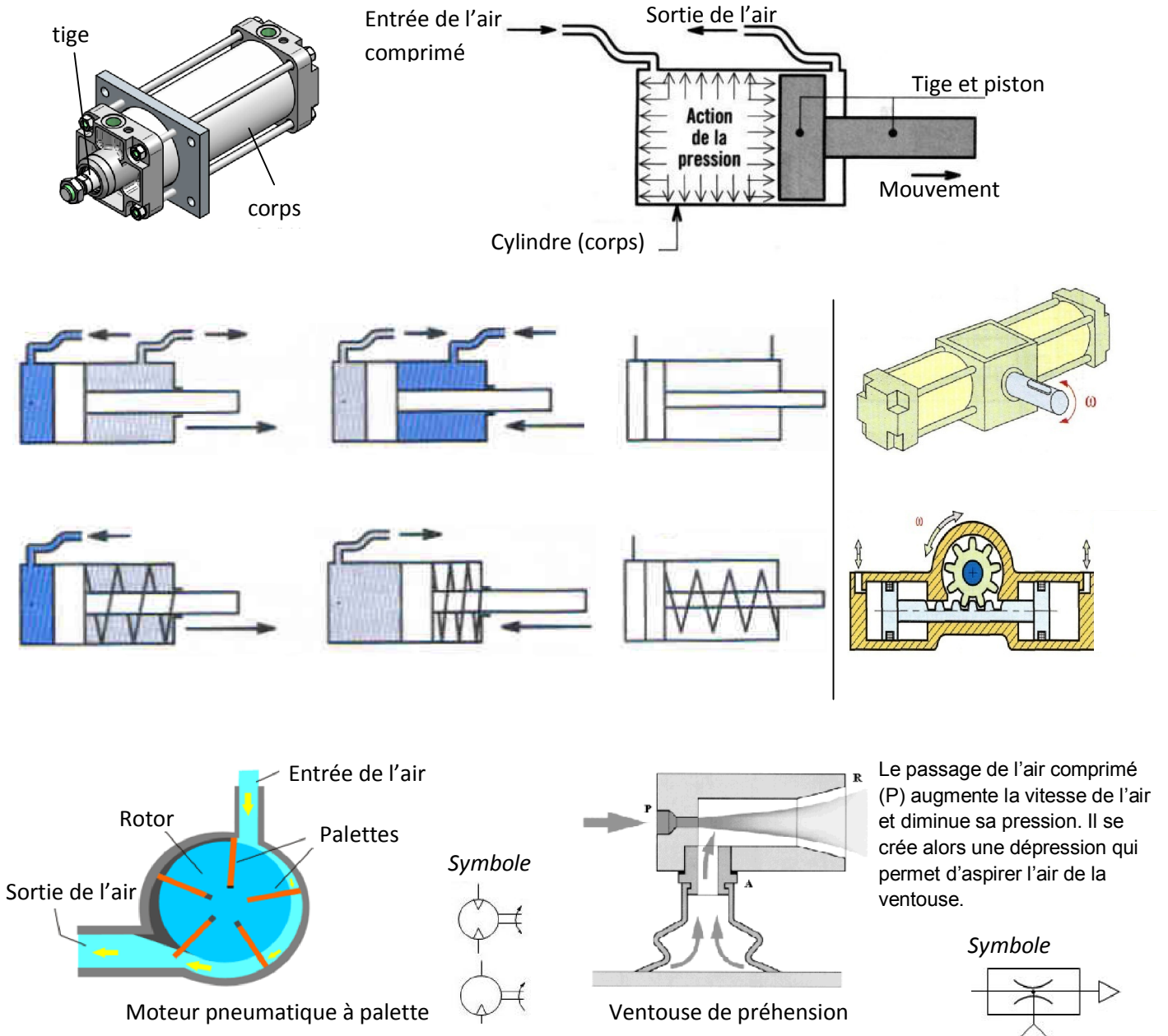
1.4. Les actionneurs :

Un actionneur est un constituant permettant de mettre en mouvement les organes de machines suite aux commandes électriques. Ceci en convertissant une énergie d'entrée (électrique, hydraulique ou pneumatique...) en une énergie de sortie (mécanique). Les actionneurs les plus utilisés sont :

1.4.1. Actionneurs pneumatiques :

Les actionneurs pneumatiques utilisent de l'air comprimé à ~6 bar. L'air est fourni par un compresseur, qui alimente souvent tout l'atelier, et distribué à toutes les machines. Ils sont alimentés par des distributeurs, suite à une commande électrique. Ils sont utilisés principalement pour des mouvements exigeant une force faible (20 à 50 000 N) ; et une grande vitesse (la fraise du dentiste peut atteindre 200tours/s).

Les actionneurs pneumatiques répandus sont : les vérins (linéaires et rotatifs) et les moteurs rotatifs, On utilise également des ventouses à vide pour saisir des objets (Ce sont des éléments de préhension à l'aide d'un générateur de vide par effet venturi).



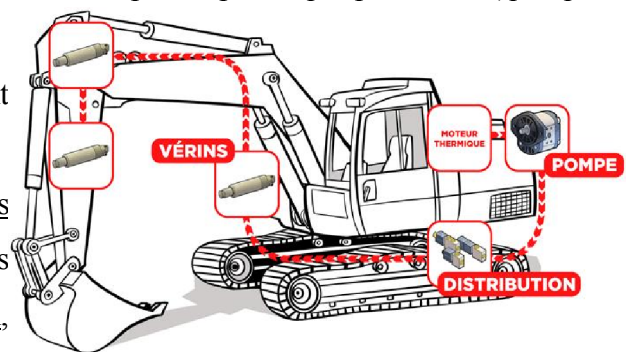
Le passage de l'air comprimé (P) augmente la vitesse de l'air et diminue sa pression. Il se crée alors une dépression qui permet d'aspirer l'air de la ventouse.

1.4.2. Actionneurs hydrauliques :

Les actionneurs hydrauliques sont utilisés pour des mouvements requérant des forces très élevées, à faible vitesse. Utilisant de l'huile sous des pressions atteignant 400 bar, ils permettent d'obtenir une force prodigieuse (jusqu'à 300 tonnes force). Leurs temps de réponse sont plus rapides que pour l'air (quelques millisecondes), car l'huile est presque incompressible.

L'huile est fournie par une pompe hydraulique qui fait généralement partie de la machine.

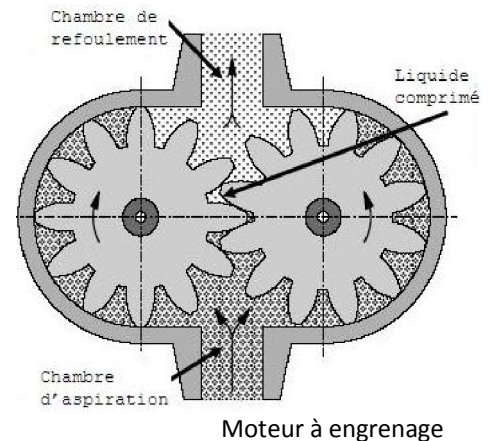
Ces actionneurs sont des vérins linéaires ou des moteurs rotatifs. Leur action est contrôlée par des distributeurs. Ils peuvent être de type tout ou rien, ou de type proportionnel, permettant de moduler la pression ou le débit d'huile.



Exemple d'usage des vérins hydrauliques (engins)

Dans les vérins hydrauliques, le principe est identique à celui des vérins pneumatiques.

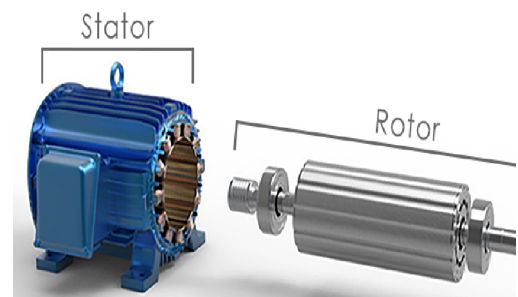
Pour les moteurs hydrauliques, il existe plusieurs types : (moteurs à engrenage, moteurs à palettes, moteurs à pistons). Le principe de fonctionnement de tous les types est le même : Une différence de pression entre l'admission et le refoulement du moteur s'applique sur les parties mobiles qui se déplacent et entraînent ainsi l'arbre du moteur et la charge à déplacer.



1.4.3. Actionneurs électriques :

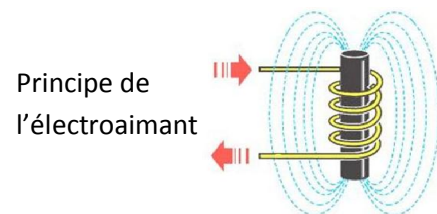
Les actionneurs électriques sont principalement les moteurs électriques ; qui sont des appareils qui transforment l'énergie électrique en énergie mécanique. Leur fonctionnement repose sur les principes de l'électromagnétisme.

Le moteur comporte deux parties : - une partie fixe (le stator) et une partie mobile (le rotor).



Il existe un grand nombre de types de moteurs : moteurs asynchrones (généralement à courants triphasés : moteurs à cage, moteurs à bagues), moteurs à courant continu, moteurs synchrones, moteurs pas à pas...

L'électroaimant est un autre type des actionneurs électriques dans lequel la force magnétique est utilisée.



1.5. Les préactionneurs :

Les préactionneurs sont des interfaces d'énergie entre la Partie Commande et la Partie Opérative. La Partie Commande est généralement incapable de distribuer directement l'énergie nécessaire à l'actionneur. Par exemple :

- Partie Commande en très basse tension (24Volts continu), et Partie Opérative 400Volts triphasée (moteurs de forte puissance).
- Partie Commande électrique et Partie Opérative pneumatique (vérins).

Le préactionneur est donc là pour s'occuper de distribuer une énergie forte adaptée à l'actionneur en fonction de la commande (signal faible) venant de l'API.

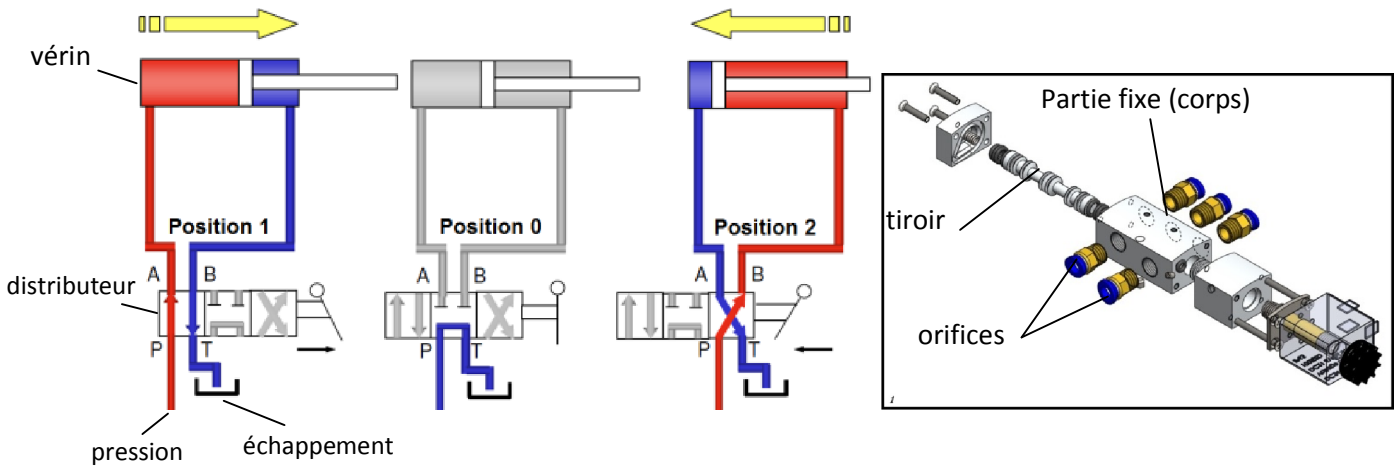
1.5.1. Types de préactionneurs :

a. Les distributeurs (préactionneurs pneumatiques ou hydrauliques) :

Un distributeur est constitué d'une partie fixe et d'une partie mobile (le tiroir) :

- La partie fixe est dotée d'orifices connectés à la source d'énergie (air comprimé,...), à l'actionneur et à l'échappement.

- Le tiroir mobile, couissant dans la partie fixe, il est doté de conduites permettant le passage de fluide entre les différents orifices et la partie fixe.



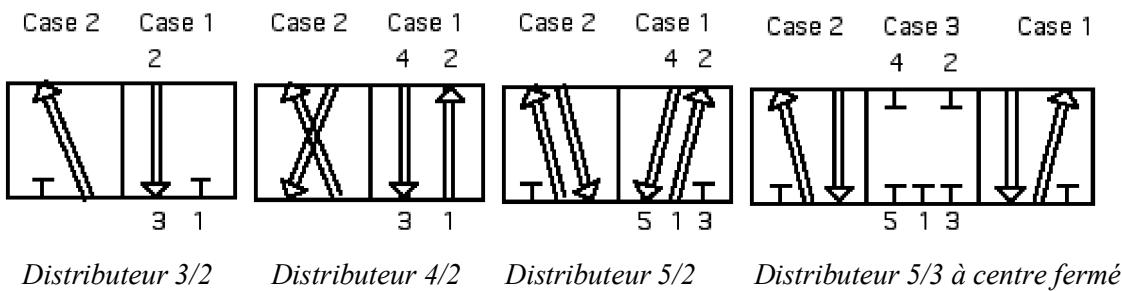
Principe de fonctionnement d'un distributeur

Constituants d'un distributeur

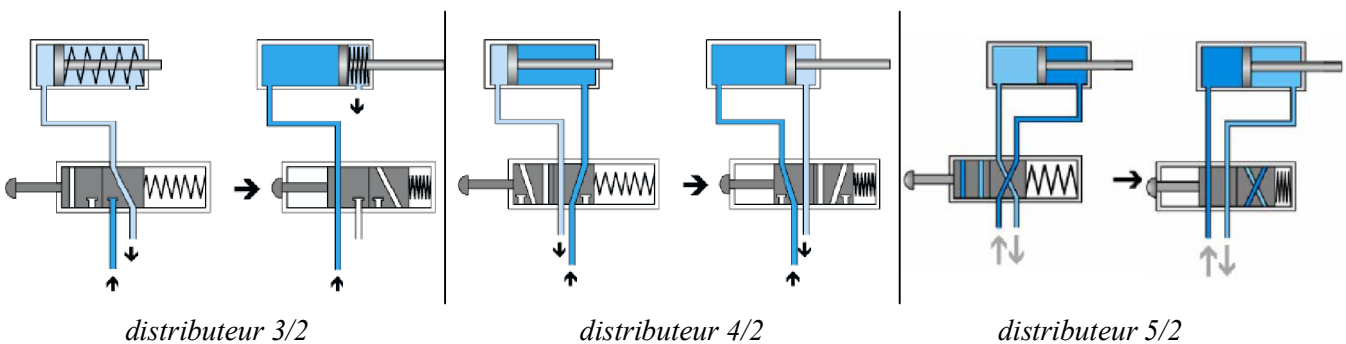
Schématiquement :

- On représente un distributeur à l'aide de cases. Chaque position est symbolisée par une case
- A l'intérieur des cases, on représente les voies de passage de fluide pour chacune des positions.
- Une possibilité de passage du fluide est symbolisée par une flèche indiquant le sens de circulation. Un blocage du fluide est symbolisé par un "T".
- Pour caractériser un distributeur, il faut définir le nombre de voies ou d'orifices ainsi que le nombre de positions (par exemple un distributeur 3/2 : comprend 3 orifices et 2 positions).

Pour en comprendre le fonctionnement, il faut imaginer que les canalisations sont fixes et que ce sont les cases qui se déplacent devant les canalisations, et non l'inverse.



Distributeur 3/2 Distributeur 4/2 Distributeur 5/2 Distributeur 5/3 à centre fermé



distributeur 3/2

distributeur 4/2

distributeur 5/2

b. Les Relais et Contacteurs (préactionneurs électriques) :

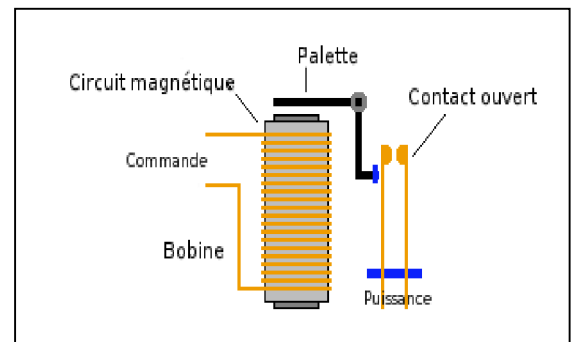
Le Relais est le terme général qui désigne les préactionneurs électriques. Les contacteurs sont des relais conçus pour commuter des courants électriques forts.

b.1. Relais :

Un relais électromécanique est un organe électrique permettant de dissocier la partie puissance de la partie commande : il permet l'ouverture et la fermeture d'un circuit électrique par un second circuit complètement isolé (isolation galvanique) et pouvant avoir des propriétés différentes.

Un relais est composé principalement d'une bobine, un ressort de rappel, de 2 à 4 contacts de puissance ou pôles, un circuit magnétique constitué d'un aimant fixe et d'un aimant mobile (armature fixe et mobile), Son fonctionnement est comme suit :

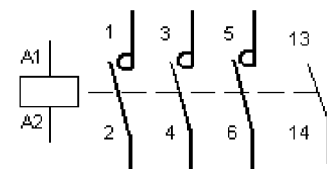
- En l'absence d'ordre de la P.C., les contacts sont au repos.
- Quand l'automate envoie l'ordre de commande (signal de 24 V), le courant électrique crée un champ magnétique dans la bobine, qui pousse la barre de commande. Les contacts changent alors d'état. Dès la disparition de l'ordre, les contacts reprennent leur état de repos.



b.2. Contacteur :

Le contacteur a la même fonction qu'un relais électromécanique, sauf que ses contacts sont prévus pour supporter un courant beaucoup plus important. Des contacteurs sont utilisés afin d'alimenter des moteurs industriels de grande puissance (plus de 50 kW). Ils sont aussi utilisés en milieu domestique pour alimenter des appareils électriques comme le chauffage ou le chauffe-eau, car les organes de commande (thermostat, interrupteur horaire...) risqueraient d'être rapidement détériorés par un courant trop important.

Selon leur utilisation ils peuvent être unipolaires, bipolaires, tripolaires ou encore tétrapolaires, en d'autres termes ils possèdent de un à quatre contacts de puissance.



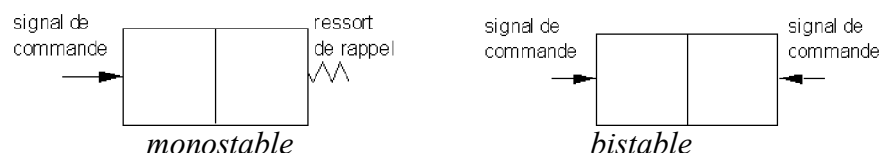
Symbole d'un contacteur tripolaire : à gauche la bobine, au centre les contacts de puissance, à droite un contact auxiliaire.

1.5.2. Pilotage des préactionneurs :

C'est la Partie Commande qui pilote les préactionneurs en leur envoyant des ordres sous forme de signaux.

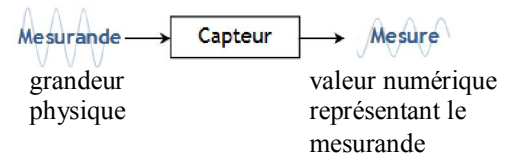
Préactionneur monostable : Il est actif si et seulement si l'ordre de commande est présent. Autrement dit, dès que l'ordre de commande cesse, le préactionneur monostable retourne à son état de repos.

Un préactionneur bistable : Il reste dans l'état que lui impose un ordre de la Partie Commande et reste dans cet état jusqu'à un nouvel ordre.



1.6. Les capteurs :

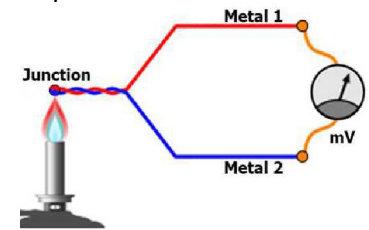
Les capteurs sont des éléments sensibles à des grandeurs physiques (température, pression, force, position, vitesse, luminosité,...) qu'ils transforment en signal électrique.



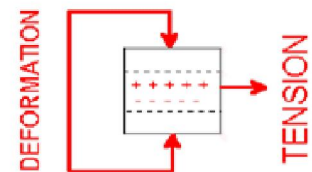
On peut classer les capteurs sur la base de consommation ou pas de l'énergie en :

Capteurs actifs : n'exigent pas d'alimentation. Ils sont directement générateurs d'une tension, d'un courant ou d'une charge à partir de la grandeur physique. Les principes physiques mis en jeu sont :

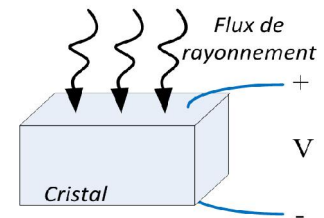
Effet thermoélectrique : c'est le principe de thermocouple. C'est un circuit constitué de deux conducteurs de nature chimique différente et dont les jonctions sont à des températures différentes. Il apparaît aux bornes de ce circuit une tension (force électromotrice) liée à la différence de température.



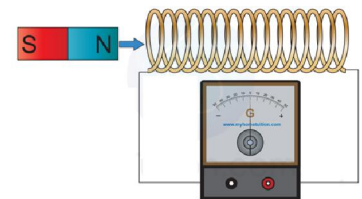
Effet piézoélectrique : L'application d'une contrainte mécanique à certains matériaux dits piézoélectriques (le quartz par exemple) entraîne l'apparition d'une déformation et d'une charge électrique de signe différent sur les faces opposées. Exemple : Mesure d'effort, d'accélération (accéléromètre)



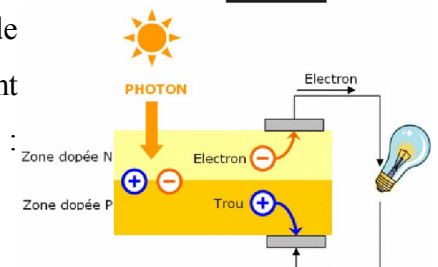
Effet pyroélectricité : certains cristaux présentent une polarisation électrique proportionnelle à leur température. Ainsi, en absorbant un flux de rayonnement, le cristal pyroélectrique va s'échauffer et ainsi sa polarisation va se modifier entraînant une variation de tension détectable.



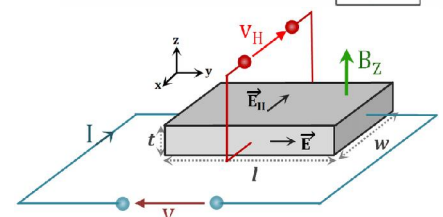
Effet d'induction électromagnétique : La variation du flux d'induction magnétique dans un circuit électrique induit une tension électrique. Exemple : Détection de passage d'un objet métallique



Effet photoélectrique et photovoltaïque : Basés sur la libération de charges électriques dans la matière sous l'influence d'un rayonnement lumineux, ou plus généralement d'une onde électromagnétique. Exemple : Mesure de lumière (capteur CCD, photodiode)



Effet Hall : Un barreau de semiconducteur soumis à un champ magnétique uniforme B et traversé par un courant I , est le siège entre les faces supérieure et inférieure du barreau d'une tension V_H proportionnelle à B qui constitue le signal de sortie.



Capteurs passifs : Ils ont besoin dans la plupart des cas d'apport d'énergie extérieure pour fonctionner. Il s'agit en général d'une impédance dont la valeur varie avec la grandeur physique. Parmi ces capteurs on a :

- Capteurs résistifs : La résistance interne du capteur varie avec la grandeur physique. Exemples : Mesure de température par résistance à fil de platine, thermistance - Mesure d'effort par jauge de contrainte - Mesure d'intensité lumineuse par photorésistance.
- Capteurs inductifs : La valeur de l'inductance L varie avec la grandeur physique. Exemples : Mesure de déplacement par inductance variable - Mesure d'effort par capteur magnéto-élastique.
- Capteurs capacitifs : C varie avec la grandeur physique. Exemples : - Mesure de déplacement et de position : l'objet dont on veut mesurer le déplacement se déplace avec une armature du condensateur - Mesure de niveau : la présence de liquide modifie la valeur de la capacité.

Le tableau suivant présente les Types des matériaux utilisés et caractéristique électrique des capteurs passifs

| MESURANDE | EFFET UTILISE (Grandeur de sortie) | MATERIAUX |
|------------------------|---------------------------------------|--|
| Température | Résistivité | Platine, nickel, cuivre, semi-conducteurs. |
| Très basse température | Constante diélectrique | Verre |
| Flux optique | Résistivité | Semi-conducteurs |
| Déformation | Résistivité Perméabilité | Alliages nickel Alliages ferromagnétiques |
| Position | Résistivité | Magnétorésistances : Bismuth, antimoine d'indium |
| Humidité | Résistivité | Chlorure de lithium |

On peut également classer les capteurs, en fonction du type de grandeurs physiques à mesurer, en :

- Capteurs Mécaniques : déplacement, force, masse, débit etc...
- Capteurs Thermiques : température, capacité thermique, flux thermique etc...
- Capteurs Electriques : courant, tension, charge, impédance, diélectrique etc...
- Capteurs Magnétiques : champ magnétique, perméabilité, moment magnétique etc...
- Capteurs Radiatifs : lumière visible, rayons X, micro-ondes etc...
- Capteurs Bio/Chimique : humidité, gaz, sucre, hormone etc...

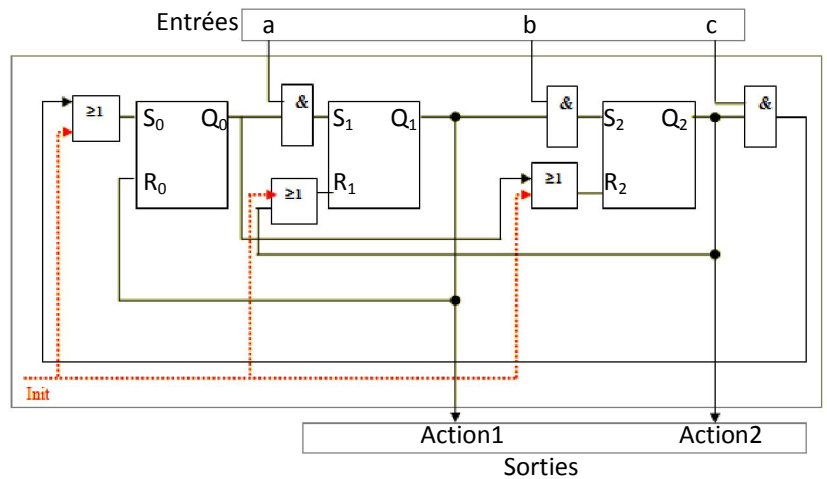
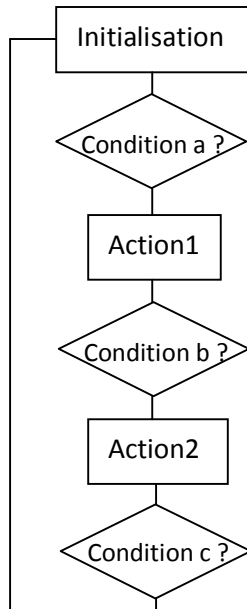
1.7. La partie commande :

La partie de commande a pour tâche de donner les ordres de fonctionnement à la partie opérative. Elle reçoit les consignes de l'opérateur et les informations de la partie opérative transmises par les capteurs. En fonction de ces consignes et de son programme de gestion des tâches implanté dans un automate programmable (logique programmée) ou réalisé par des relais et circuits (logique câblée). Elle va commander les préactionneurs et renvoyer des informations aux systèmes de supervision. Deux solutions sont empruntées pour la réalisation de la partie commande :

1.7.1. Logique câblée :

L'automatisme est obtenu en reliant entre eux les différents constituants de base ou fonctions logiques

(combinatoire et séquentielle) par câblage.



Exemple de de réalisation de la partie commande d'un système automatisé linéaire à l'aide de câblage par des bascules RS.

1.7.2. Logique programmée :

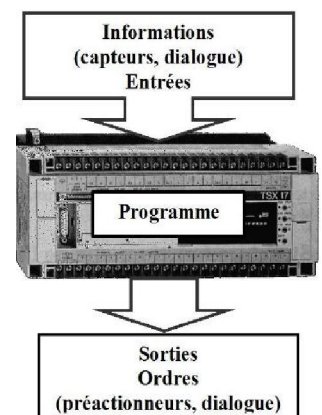
Le schéma du système est transcrit en une suite d'instructions constituant le programme, qui s'exécute par un équipement spécial (automate programmable API, microprocesseur,...). En cas de modification, l'installation ne comporte aucune modification de câblage seul le jeu d'instructions est modifié.

| | Câblée | Programmée |
|--------------------|--|--|
| Usage | S'utilise pour des systèmes simples | S'utilise pour des systèmes complexes. |
| Complexité | la taille des circuits croît avec la complexité du problème. | La taille de circuits n'augmente plus avec la complexité du problème |
| Evolutivité | La moindre modification du problème entraîne le renouvellement du montage. | Nécessite seulement une modification du programme |
| Rapidité | l'avantage en terme de rapidité | La rapidité diminue avec la complexité du système |
| Coût | Faible (Pour un système simple) | Plus élevé |

1.7.3. Les automates programmables industriels API :

Les API (en anglais : PLC programmable logic controller) sont apparues à la fin des années soixante, à la demande de l'industrie automobile américaine (GM). Il existe sur le marché de nombreuses marques d'automates : Siemens, Omron, Allen Bradley, Cegetel, Jetter, Shneider, etc.

L'API est un appareil électronique programmable (par un automaticien, non informaticien) similaire à un ordinateur servant à commander des procédés industriels en élaborant des actions (pour les préactionneurs) selon un programme, à partir des informations fournies par les capteurs



Un API est constitué essentiellement des parties suivantes :

Le microprocesseur : c'est le cerveau de l'automate, il réalise toutes les

fonctions logiques, de comptage, de calcul... à partir d'un programme contenu dans sa mémoire. Il est connecté aux autres éléments (mémoire et interface E/S) par des liaisons parallèles appelées **BUS**, qui véhiculent les informations sous forme binaire.

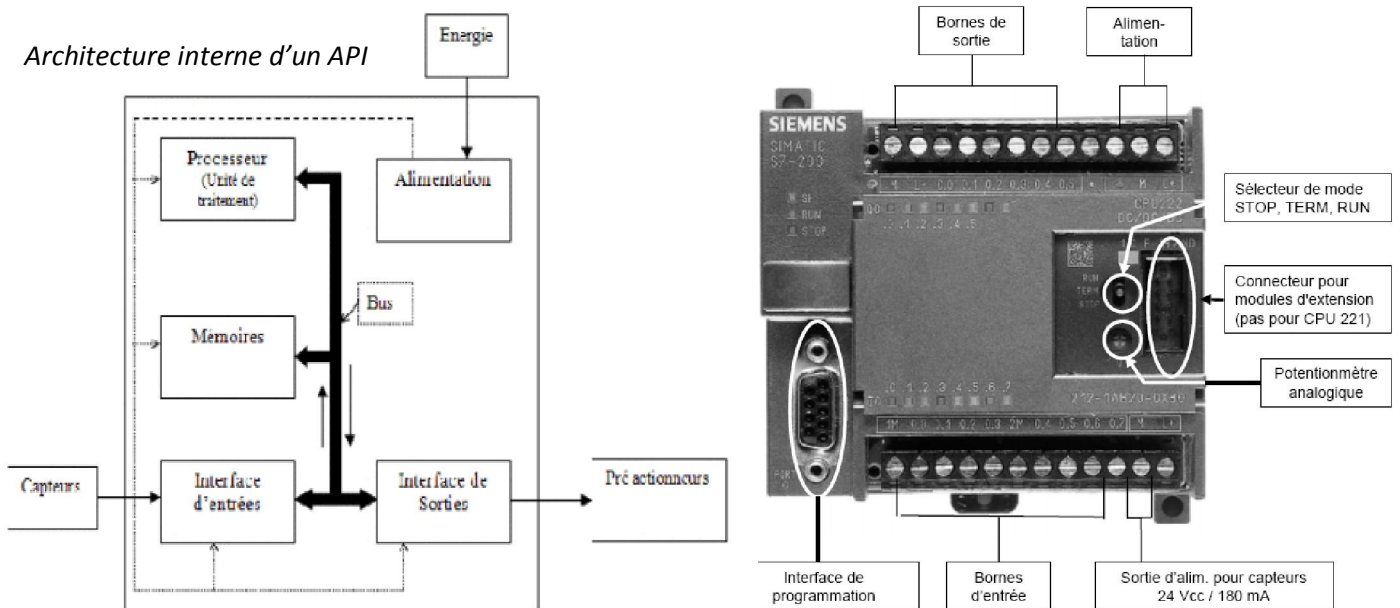
La mémoire : est conçue pour recevoir, gérer, stocker des informations issues des différents éléments du système : l'utilisateur (PC ou console), le microprocesseur, les capteurs. Deux types de mémoire cohabitent :

- La mémoire **Programme** (ROM : mémoire morte) : où est stocké le langage de programmation. Elle est en général **figée**, c'est à dire en lecture seulement.
- La mémoire de **travail** (RAM : mémoire vive) : utilisable en lecture-écriture pendant le fonctionnement. Elle s'efface à l'arrêt de l'automate. Elle est répartie en différentes zones mémoires : Table image des entrées, Table image des sorties, Mémoire des bits internes, Mémoire programme d'application.

Les interfaces et les cartes d'Entrées / Sorties:

- L'interface d'entrée comporte des **adresses d'entrée**. Chaque capteur est relié à une de ces adresses.
- L'interface de sortie comporte de la même façon des **adresses de sortie**. Chaque préactionneur est relié à une de ces adresses. Le nombre de ces entrées est sorties varie suivant le type d'automate.
- Cartes d'entrées : Elles sont destinées à recevoir les signaux en provenance des capteurs (**signaux logiques TOR, analogiques, ou numériques**) et adapter le signal en le mettant en forme.
- Cartes de sorties: Elles sont destinées à commander les pré-actionneurs et éléments des signalisations du système et adapter les niveaux de tensions de l'unité de commande à celle de la partie opérative.

Alimentation des différentes parties



Les API peuvent être compacts ou modulaires :

Le type compact (monobloc) possède un nombre d'entrées et de sorties restreint et son jeu d'instructions ne peut être augmenté. Ce type a pour fonction de résoudre des automatismes **simples** avec la logique séquentielle et utilisant des informations TOR.



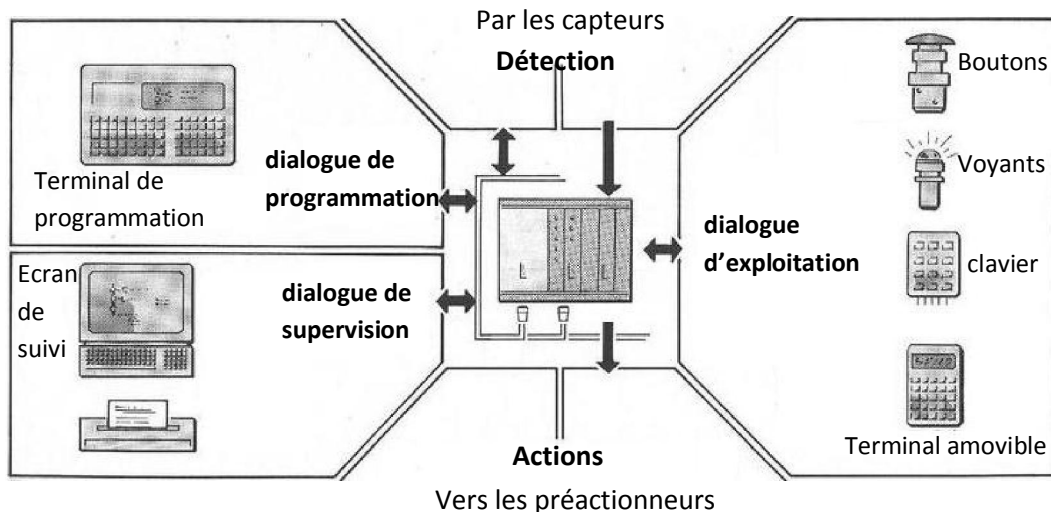
Le type modulaire : est adaptable à toutes situations. Selon le besoin, des modules d'E/S analogiques sont disponibles en plus de modules spécialisés tels : PID, BASIC, Langage C,... La modularité permet un dépannage rapide et une plus grande flexibilité.



1.8. La partie dialogue :

Assure l'échange d'informations entre l'opérateur et le système (dialogue homme-machine). On distingue :

- **Le dialogue de programmation :** lors de la phase de développement et de mise au point du système ; Il consiste à :
 - Ecrire et interpréter l'ensemble des instructions du programme ;
 - Implanter le programme en mémoire.
- **Le dialogue d'exploitation :** A partir d'un terminal d'exploitation (clavier et écran) l'opérateur peut :
 - Lire sur un écran un message relatif à : l'état du système, à la nature du produit traité, à des mesures, à des défauts de fonctionnement.
 - Commander par l'intermédiaire d'un clavier l'évolution du système (sélection des modes de fonctionnement ; saisie de consignes ; émission d'ordres...)
- **Le dialogue de supervision :** assure la coordination avec les autres systèmes concernés.



Chapitre 2 : Conception des systèmes automatisés (Concis) :

2.1. Grafcet :

Le GRAFCET (GRAPhe Fonctionnel de Commande par Etapes et Transitions) est un outil graphique qui décrit l'évolution d'un automatisme et établit une correspondance à caractère séquentiel et combinatoire entre les entrées et les sorties. C'est un outil graphique puissant, directement exploitable en programmation.

2.1.1. Eléments d'un Grafcet :

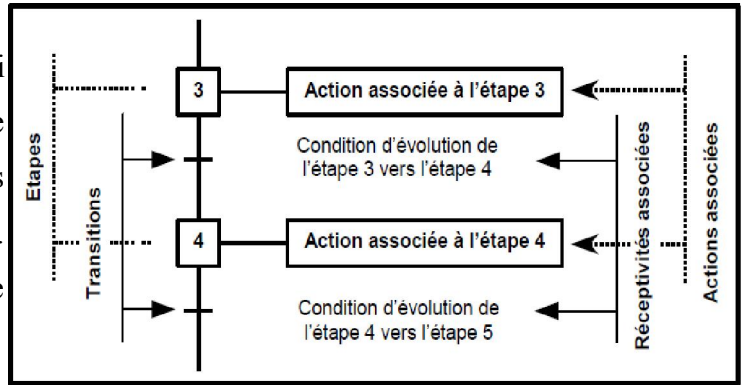
Un Grafcet est constitué de trois éléments :

-Étapes associées à des actions : Une étape caractérise une situation donnée. Elle peut être active ou inactive. Elle est représentée par un carré. L'étape initiale est représentée par un double carré.

-Transitions associées à des réceptivités :

Une transition indique la condition d'évolution qui existe entre deux étapes. La réceptivité est une information d'entrée fournie par : l'opérateur, les capteurs, ou tout opération logique, arithmétique...

-Liaisons : traits verticaux orientés de haut vers le bas qui relient une étape à l'étape suivante.

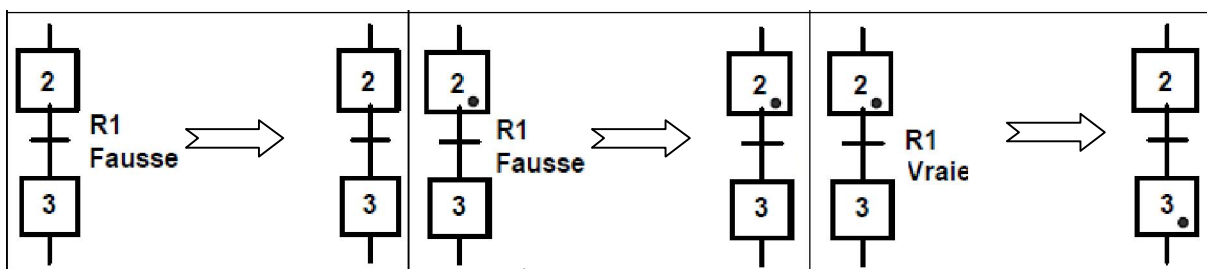


2.1.2. La réceptivité (conditions de transitions) : porte une valeur logique (vrai ou faux). Par exemple :

| | | |
|--|--|--|
| | | |
| La réceptivité est vraie lorsque la valeur courante du compteur est égale à 4. | Le langage littéral peut être utilisé. | La réceptivité est vraie lorsque la température est supérieure à 10°C et le niveau haut h est atteint. |
| | | |
| La réceptivité n'est vraie que lorsque a passe de l'état 0 à l'état 1 | La réceptivité n'est vraie que lorsque a est vraie ou que b passe de l'état 0 à l'état 1 | La réceptivité n'est vraie que lorsque le produit logique « a.b » passe l'état 1 à l'état 0 |

2.1.3. Franchissement d'une transition :

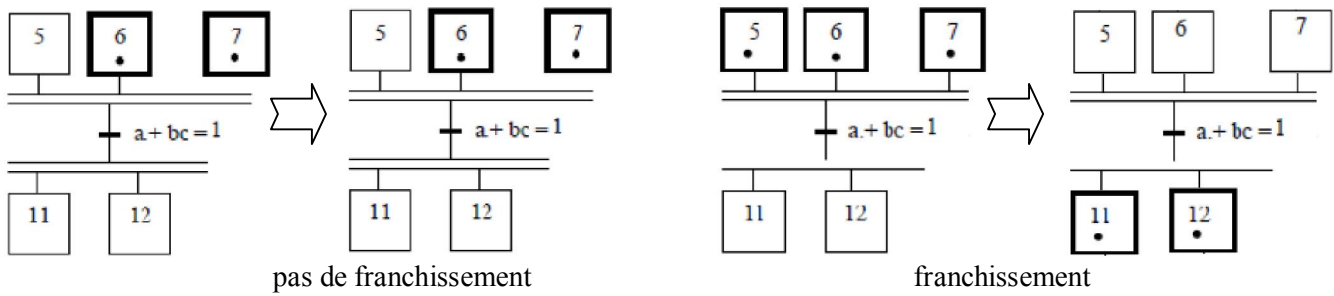
- A l'instant initial, seules les étapes initiales sont actives. (on indique l'activation par un jeton)
- Pour franchir une étape, il faut que toutes ses étapes amont (immédiatement précédentes) soient actives et que la réceptivité associée soit vraie.
- Le franchissement d'une transition entraîne obligatoirement l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.



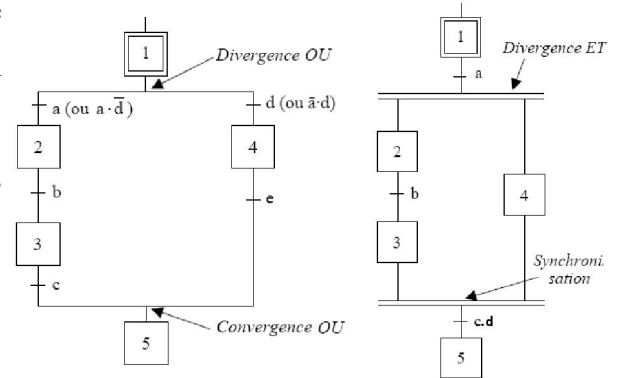
L'étape 2 n'est pas active et la réceptivité est fausse : pas de franchissement

L'étape 2 est active mais la réceptivité est fausse : pas de franchissement

L'étape 2 est active et la réceptivité est vraie : franchissement : 3 sera active et 2 désactivée

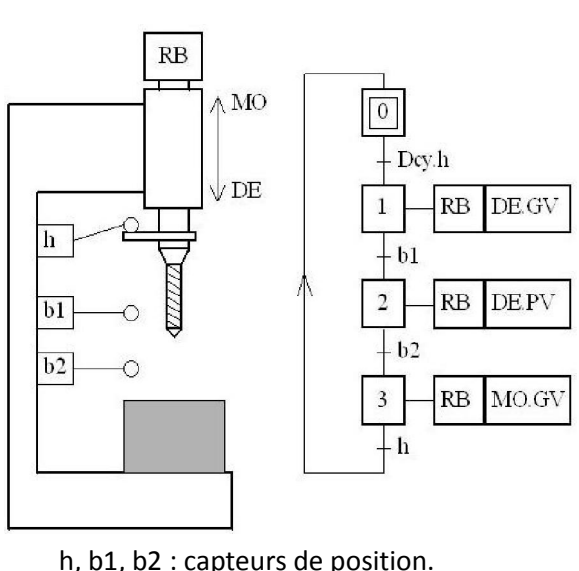


- On dit qu'il y a Aiguillage en OU lorsque le grafcet se décompose en deux ou plusieurs séquences selon un choix conditionnel.
- On dit qu'il y a un parallélisme ET, si plusieurs activités indépendantes pouvant se dérouler en parallèle.



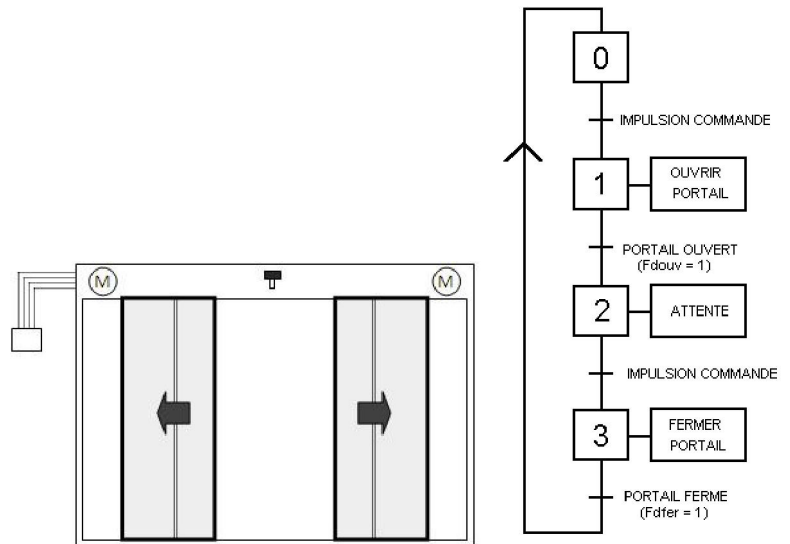
2.1.4. Exemples de Grafquets :

a. Grafcet d'une fraise automatisée :



- h, b1, b2 : capteurs de position.
- Dcy.h : ordre de démarrage.
- RB : actionneur.
- DE GV : descente en grande vitesse
- DE PV : descente en petite vitesse
- MO GV : montée en grande vitesse

b. Ouverture d'une porte automatique :



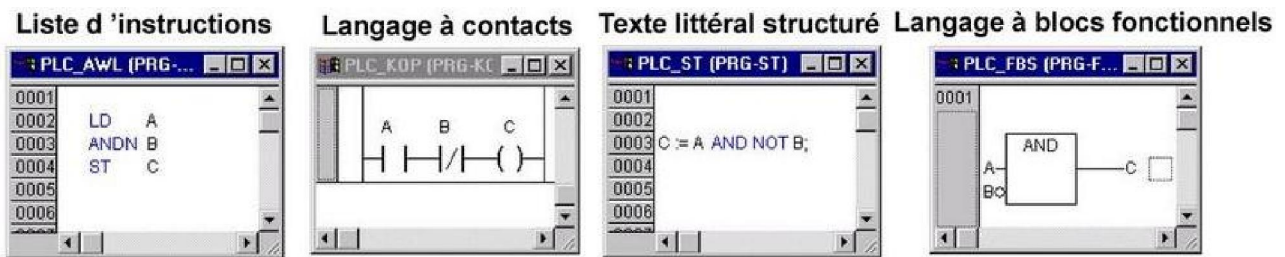
2.2. Langages de programmation des API :

Il existe 4 langages de programmation des automates qui sont normalisés par la norme CEI 61131-3. L'automate se programme via une console de programmation ou par un PC équipé d'un logiciel spécifique.

- **Langage à contacts (LD : Ladder diagram)** : Langage graphique utilise les symboles tels que : contacts,

relais et blocs fonctionnels et s'organise en réseaux (labels). C'est le plus utilisé.

- **Blocs Fonctionnels (FBD : Function Bloc Diagram)** : Langage graphique où des fonctions sont représentées par des rectangles avec les entrées à gauche et les sorties à droites. Les blocs sont programmés (bibliothèque) ou programmables. Utilisé par les automaticiens.
- **Liste d'instructions (IL : Instruction list)** : Langage textuel de même nature que l'assembleur (programmation des microcontrôleurs). Très peu utilisé par les automaticiens.
- **Langage littéral structuré (ST : Structured Text)** : Langage informatique de même nature que le Pascal, il utilise les fonctions comme if ... then ...else ... Peu utilisé par les automaticiens.



Chapitre 3 : Les réseaux industriels

La notion de système automatisé de production peut s'appliquer aussi bien à une machine isolée qu'à une cellule de production, voire même à une usine. Donc les différents éléments du système doivent communiquer des informations. Ceci se fait via des réseaux. Il existe des réseaux adaptés à chaque niveau :

- Le bus capteur/actionneur (sensor bus) : relie les API aux capteurs et actionneurs.
- Le bus de cellule (device bus) : pour la périphérie d'automatisme.
- Les bus de terrain (field bus) : pour la communication entre unités de commande et supervision.
- Les réseaux locaux industriels : pour la communication entre l'automatisme et le système de gestion.

