

I. Mise en situation

I.1. Définitions

- *L'automatisation* consiste à rendre automatique les opérations qui exigeaient auparavant l'intervention humaine.
- *L'automatisation* est considérée comme l'étape d'un progrès technique où apparaissent des dispositifs techniques susceptibles de seconder l'homme, non seulement dans ses efforts musculaires, mais également dans son travail intellectuel de *surveillance* et de *contrôle*.

I.2. Historique

- Les précurseurs tels que Blaise PASCAL (1623- 1662) qui invente la première calculatrice "La Pascaline".
- Bardeen, Brattain & Shockley inventent le Transistor en 1949.
- Moore (1966) invente le microprocesseur et crée Intel.
- Grenelle (1972) invente le 1^{er} micro-ordinateur.
- 1974 : Premiers Automates Programmables Industriels.

I.3. Les buts (ou objectifs) de l'automatisation

Objectifs : La compétitivité de l'entreprise et des produits passe par la qualité, la maîtrise des coûts et l'innovation. On cherche donc à améliorer la *productivité*, les conditions de travail, et surtout la *sécurité*.

Les buts (ou objectifs) de l'automatisation sont donc:

- Eliminer les tâches répétitives,
- Simplifier le travail de l'humain,
- Augmenter **la sécurité** en améliorant les conditions de travail,
- Accroître et améliorer **la productivité**.

C'est également :

- Economiser les matières premières et l'énergie,
- S'adapter à des contextes particuliers : **flexibilité**,
- Améliorer **la qualité**.

Moyens : Les moyens permettant d'atteindre ces objectifs sont d'ordre financier, matériel, organisationnel, et humain. On distingue notamment : informatiser, automatiser, robotiser, rationaliser, organiser, etc, ...

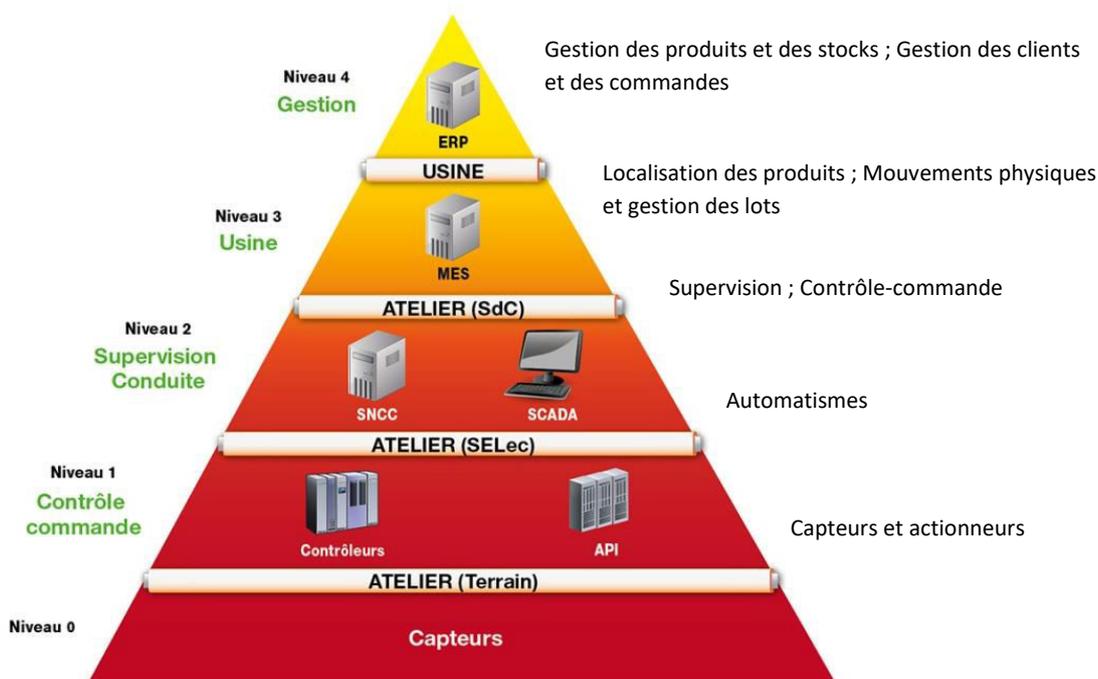
I.4. Niveau d'automatisation, de rentabilité, et de sûreté.

Il y a différents degrés d'automatisation qui vont du niveau totalement manuel correspondant à 0% d'automatisation à un niveau total d'automatisation (100%) dans lequel l'homme ne joue aucun rôle dans l'accomplissement de la tâche. Cependant, dans la plupart des applications, l'opérateur humain et la machine automatisée coopèrent pour mener à bien la tâche ou la mission à accomplir. Dans les systèmes de haut degré d'automatisation, l'opérateur humain joue seulement le rôle de superviseur.

Ainsi, l'automatisation nécessite une reconception simultanée du produit, des moyens de production, et du processus. Comment mettre en œuvre un système automatisé complexe, sûr et efficace intégrant une multitude de moyens techniques et des moyens humains à des rythmes différents ?

L'International society of automation (ISA) a défini une organisation pyramidale à quatre étages. Le **C.I.M.** (*Computer Integrated Manufacturing*), ou production intégrée par ordinateur, est un concept décrivant l'automatisation complète des procédés de fabrication. C'est-à-dire que tous les équipements de l'usine fonctionnent sous le contrôle permanent des ordinateurs, automates programmables et autres systèmes numériques.

De bas en haut : la partie *matérielle*, le logiciel de *supervision* (SCADA), le système *d'exécution* de la production (MES) et le système de *gestion* (ERP).



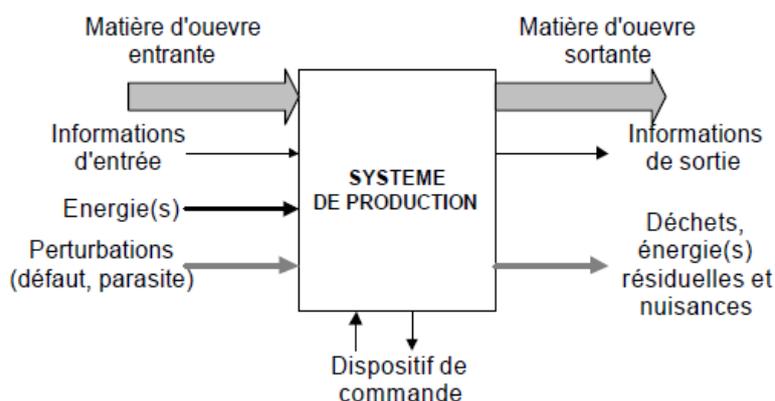
- **ERP** (Enterprise Resource Planning), pour la gestion des ressources de l'entreprise).
- **MES** (Manufacturing Execution System), pour le suivi de la production).
- **SCADA** (Supervisory Control and Data Acquisition), pour le pilotage des machines automatisées).

II. Systèmes automatisés

II.1. Système technique

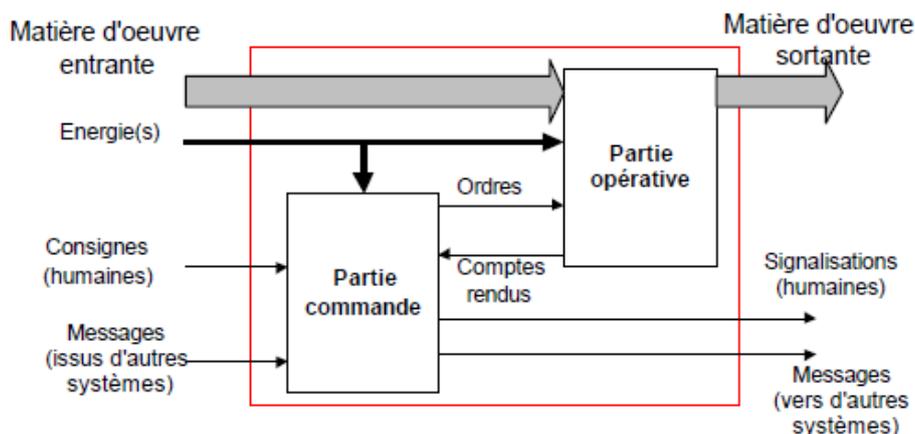
C'est un ensemble technique conçu pour répondre à un besoin. Sa fonction globale est d'apporter une valeur ajoutée : partant de matériaux, de pièces, de sous-ensembles, ..., il élabore des produits de valeur supérieure qui peuvent être des produits finis ou intermédiaires.

Un système de production est dit «industriel» si l'obtention de cette valeur ajoutée, pour un ensemble de matières d'œuvre donné, à un caractère reproductible et peut être exprimée et quantifiée en termes économiques.



II.2. Structure d'un système automatisé

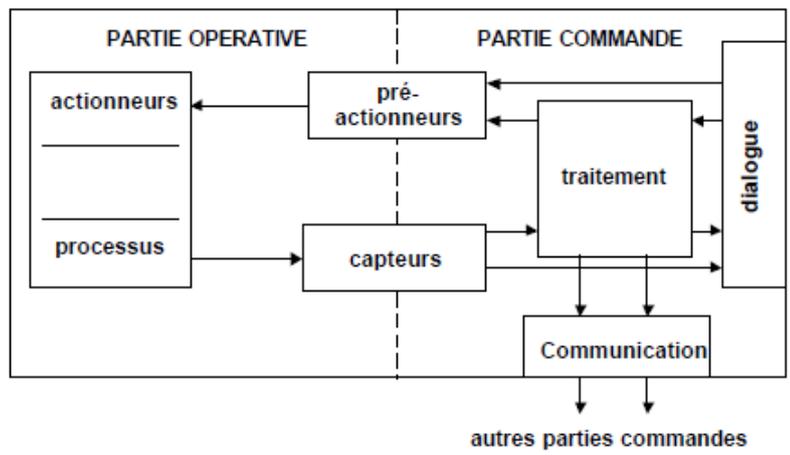
Tout système automatisé se décompose en deux parties interdépendantes : la partie opérative (P.O.) et partie commande (P.C.). Les informations échangées entre ces deux parties sont des informations internes au système alors que les consignes, signalisation proviennent de l'extérieur.



i- Partie opérative : C'est elle qui opère sur la matière d'œuvre, elle comporte en général :

- Processus : outillages et moyens divers (moules, outils de coupe, pompes, têtes de soudures,...)
- Actionneurs : destinés à mouvoir ou mettre en œuvre ces moyens (moteur électrique pour actionner une pompe, vérin hydraulique pour fermer un moule, vérin pneumatique pour mouvoir une tête de marquage,...).

ii- *Partie commande* : un automatisme qui élabore en sortie *des ordres* destinés à la partie opérative et des *signaux de visualisation*, en fonction du contrôle du processus. Cette commande est basée sur les *consignes* utilisateur et sur les *informations* reçues concernant l'état du système.



Dans la partie commande, l'unité de traitement reçoit les informations *des capteurs* et émet des *ordres* vers les *pré-actionneurs*. Bien connaître ces organes répartis sur la machine est indispensable pour réaliser l'automatisme qui doit les commander.

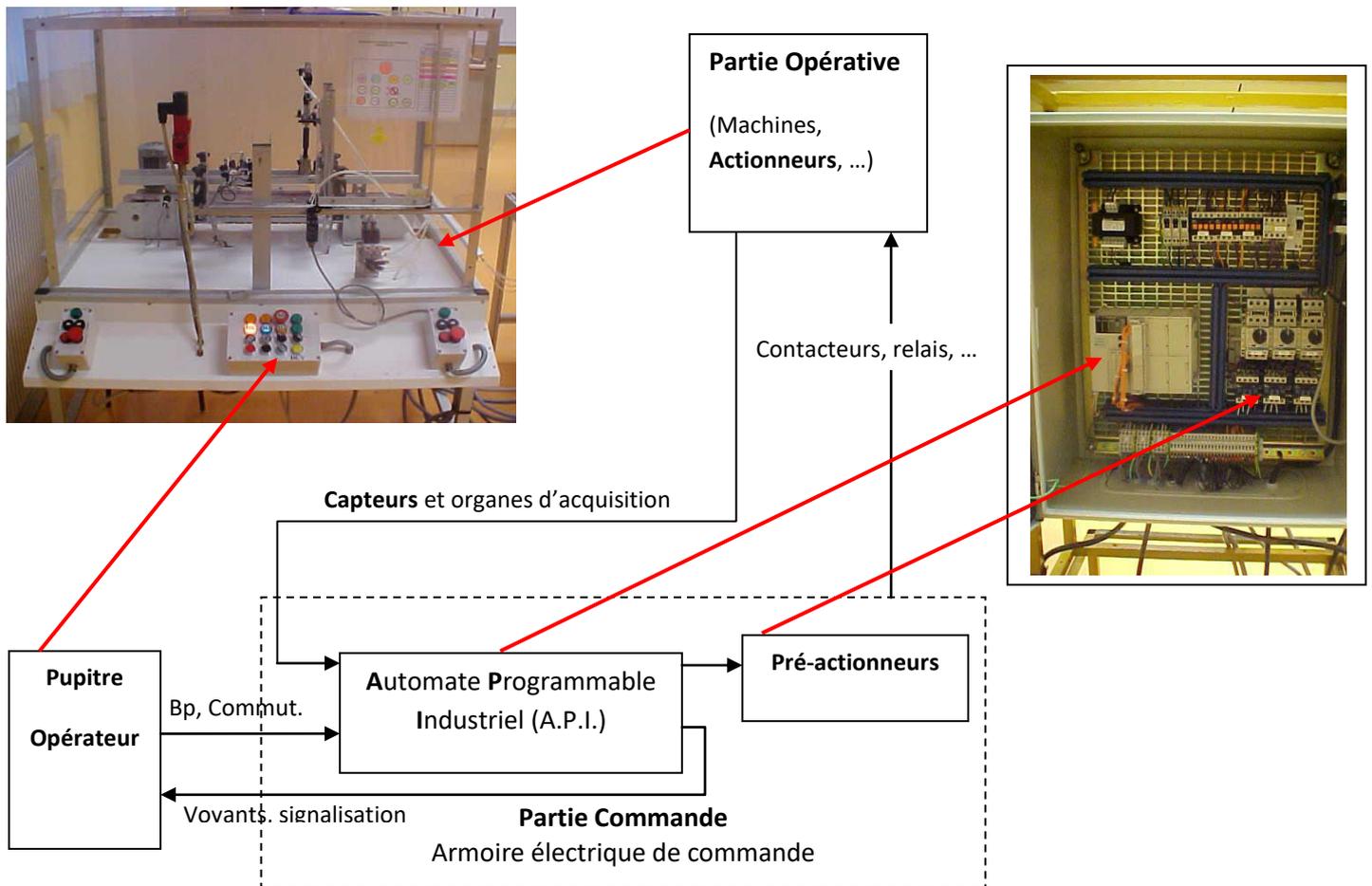


Schéma fonctionnel d'un système automatisé

III. Les actionneurs

III.1. Introduction

La partie opérative représente un ensemble technique qui réalise des opérations sur la matière d'œuvre par l'intermédiaire d'objets techniques ou effecteurs.

Ces effecteurs sont actionnés par les actionneurs qui sont des objets techniques permettant de convertir une énergie d'entrée (électrique, pneumatique, hydraulique, magnétique) en une énergie autre de sortie utilisable pour obtenir une action définie.

Par ailleurs, la partie opérative informe la partie commande du déroulement des opérations par l'intermédiaire des capteurs qui mesurent et codent des grandeurs physiques.

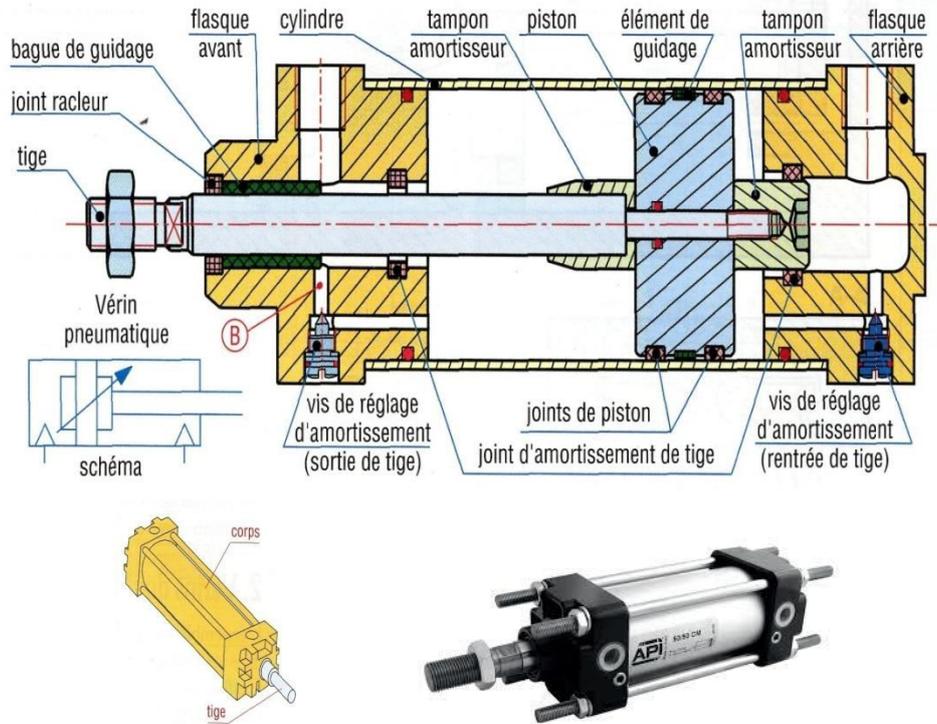
Les actionneurs sont souvent regroupés en trois catégories en fonction de la nature de la source d'énergie d'entrée utilisée : *électrique*, *pneumatique* et *hydraulique*.

- **Actionneurs électriques:** Ils utilisent directement l'énergie électrique distribuée sur les machines. Ils peuvent être sous plusieurs formes: *moteur électrique*, *électrovanne de débit*, *résistance de chauffage*, *tête de soudure*, ... Les pré-actionneurs associés à ces actionneurs électriques sont principalement les *contacteurs* et *variateurs de vitesse*, entourés des sécurités nécessaires.
- **Actionneurs pneumatiques :** Ce sont des *vérins* qui utilisent directement l'air comprimé distribué sur les machines. Ils se présentent sous diverses formes et ils sont utilisés pour de nombreux mouvements : transferts, serrages, marquages, maintiens, éjections,... Les pré-actionneurs associés à ces actionneurs sont les *distributeurs* qui peuvent être à commande pneumatique ou électrique (lorsqu'ils sont équipés d'une électrovanne).
- **Actionneurs hydraulique :** Ils peuvent être des vérins ou moteurs et ils ne sont utilisés qu'en cas de besoin car ils exigent l'installation sur la machine d'un groupe générateur de pression. Ils sont utiles lorsque les efforts à développer sont très importants (exemple : application de presses) ou lorsque des vitesses lentes doivent être contrôlées avec précision (exemple : avance d'outils de coupe, ...).

III.2. Les vérins pneumatiques

Ils permettent de convertir l'énergie pneumatique en énergie mécanique et ils sont souvent composés de :

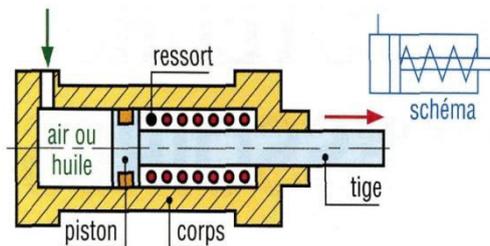
- un corps ou tube en aluminium ou en acier ;
- un piston muni de joints ;
- une tige en acier chromé ;
- un système d'amortissement avant et arrière.



Dans les applications courantes, nous pouvons distinguer essentiellement deux types de vérins :

a. Vérins simple effet

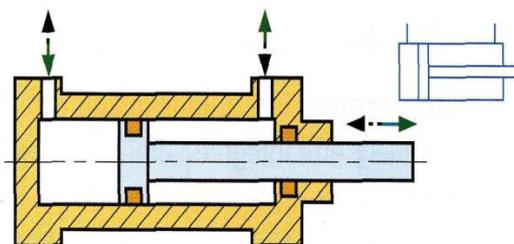
L'air comprimé qui commande le déplacement de la tige est admis d'un seul côté du piston (commande en sortie). Le retour de la tige en position initiale est généralement obtenu à l'aide d'un ressort, charge, ...



Ces vérins ne permettent pas d'exercer un effort au retour en position initiale.

b. Vérins double effet

Ces vérins comportent deux orifices d'admission de l'air comprimé ce qui permet de commander la sortie ou la rentrée de la tige en fonction du besoin. Ainsi ces vérins permettent d'exercer un effort dans les deux sens.



Remarque :

Les fins de course aller et retour des vérins peuvent être amorties afin d'éviter les chocs. Cet amortissement est pneumatique (réglable ou non) ou obtenu par bague en caoutchouc.

IV. Les distributeurs

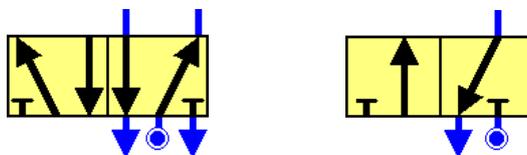
Les distributeurs sont des pré-actionneurs qui ont pour rôle de diriger le fluide (sous pression ou sans pression) dans certaines directions. C'est grâce à eux qu'on peut piloter la sortie ou la rentrée de tige d'un vérin.

Un distributeur est caractérisé par :

- le nombre de positions dont il dispose : le tiroir se déplace dans le corps et peut prendre 2 ou 3 positions ;
- le nombre d'orifices qu'il comporte. Ces orifices correspondent sont :
- un orifice pour l'entrée de pression ;
- des orifices pour la mise en mouvement de l'actionneur (alimentation en air comprimé);
- des orifices d'échappement



Les distributeurs courants ont 2 ou 3 positions et entre 2 et 5 orifices et ils sont désignés par ces paramètres : nombre d'orifices / nombre de positions. Ainsi un distributeur 5/2 comporte 5 orifices et 2 positions.



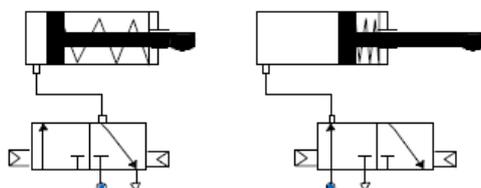
Le choix d'un distributeur s'effectue en fonction :

- du nombre de positions et d'orifices ;
- du type de la commande : mécanique, électrique, pneumatique, ...
- de la capacité qui correspond au débit volumique nominal ;
- du type de montage.

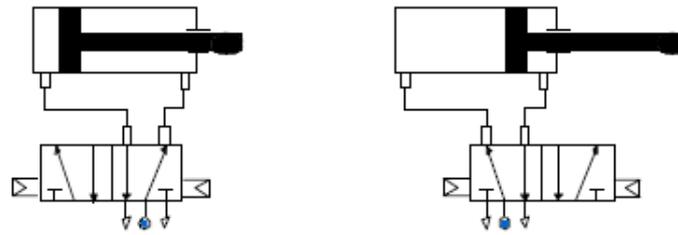
V. Association Vérin/Distributeur

Les vérins *simple effet* sont alimentés par des *distributeurs 3/2* alors que ceux à *double effet* sont alimentés par des distributeurs 4/2, 5/2 ou 5/3.

a. Cas d'un ensemble vérin simple effet / distributeur 3/2



b- Cas d'un ensemble vérin simple effet / distributeur 3/2



VI. Capteurs

Captant les déplacements des actionneurs ou le résultat de leurs actions, les capteurs fournissent les informations en retour, nécessaires pour la conduite du processus. Ils peuvent détecter des *positions*, des *températures*, des *débits*, des *forces*, des *vitesses*, des *accélérations*, ... Ils sont souvent classés en fonction de leur mode d'utilisation : avec ou sans contact et en fonction de la nature de leurs informations de sortie :

- *Logique* : l'information de sortie est binaire, elle ne prend donc que les valeurs 0 ou 1 ;
- *Analogique* : l'information est obtenue sous forme d'une tension ou un courant proportionnels à la grandeur mesurée ;
- *Numérique* : l'information est codée sur un mot composé de plusieurs bits ;
- *Digital* : l'information est numérique mais elle est exprimée à l'aide de la période ou la fréquence d'un signal qui est lui-même binaire.

Les capteurs de position sont les plus utilisés sur les systèmes automatisés. Ils prennent des formes variées : interrupteurs de position avec contact ou détecteurs de proximité sans contact (signal tout ou rien) et capteurs de déplacement (signal analogique ou numérique).

VI.1. Capteurs TOR "Tout Ou Rien"

Dans leur rôle d'acquisition dédiée au traitement de l'information, les détecteurs ont les principales fonctions élémentaires suivantes :

- contrôler la présence, l'absence ou le positionnement d'objets divers,
- détecter le passage, le défilement ou le bourrage de ceux-ci,
- les compter, etc.

Les applications qui mettent en pratique ces formes de détection "tout ou rien" sont multiples. Les plus typiques portent sur :

- la détection de pièces machines,
- la détection liée à la manutention,
- la détection directe d'objets (en cours de fabrication ou de manutention),
- la détection directe de personnes, de véhicules, d'animaux, etc.

Quatre grandes familles de détecteurs de présence constituent la base des offres :

- Les interrupteurs de *Position électromécaniques* actionnés par contact direct avec les objets, les pièces machines, etc.
- Les détecteurs de *Proximité Inductifs électroniques*, pour la détection sans contact physique et à faible distance d'objets nu de pièces machines métalliques.
- Les détecteurs de *Proximité Capacitifs électroniques*, pour la détection sans contact physique et à faible distance d'objets de natures diverses.
- Les détecteurs *Photoélectriques électroniques* permettant, également sans contact physique, la détection de tous objets situés jusqu'à plusieurs dizaines de mètres.

La solution *électromécanique*, construite autour des interrupteurs de position, s'applique à la détection par contact d'objets physiques non déformables. Interrupteurs de commande, ils sont utilisés dans des applications très variées en raison de leurs nombreuses qualités. Ils ne résolvent pas certains problèmes pour lesquels ils trouvent le relais de la solution électronique.

La solution *électronique* (inductive, capacitive ou photoélectrique) s'apparente à la détection sans contact d'objets ou de matières diverses caractérisés par des cadences de présence et des vitesses de défilement grandes. Cette solution autorise une grande tolérance dans le positionnement des objets. Les signaux de sortie statiques sont sans rebond, directement compatibles avec les logiques de traitement électronique. La durée de vie des détecteurs est indépendante du nombre de manœuvres.

a. Capteurs à contact

Les plus significatifs se rencontrent dans la mécanique et la machine-outil (usinage, manutention, levage,...), dans l'agro-alimentaire et la chimie (conditionnement, emballage, etc.) sur des types d'applications relevant de :

- la détection de pièces machines (comes, butées, pignons...)
- la détection de balancelles, chariots, wagons,
- la détection directe d'objets, etc.

Principe

C'est un commutateur, commandé par le déplacement d'un organe de commande (corps d'épreuve). Lorsqu'il est actionné, il ouvre ou ferme un contact électrique solidaire du corps d'épreuve.



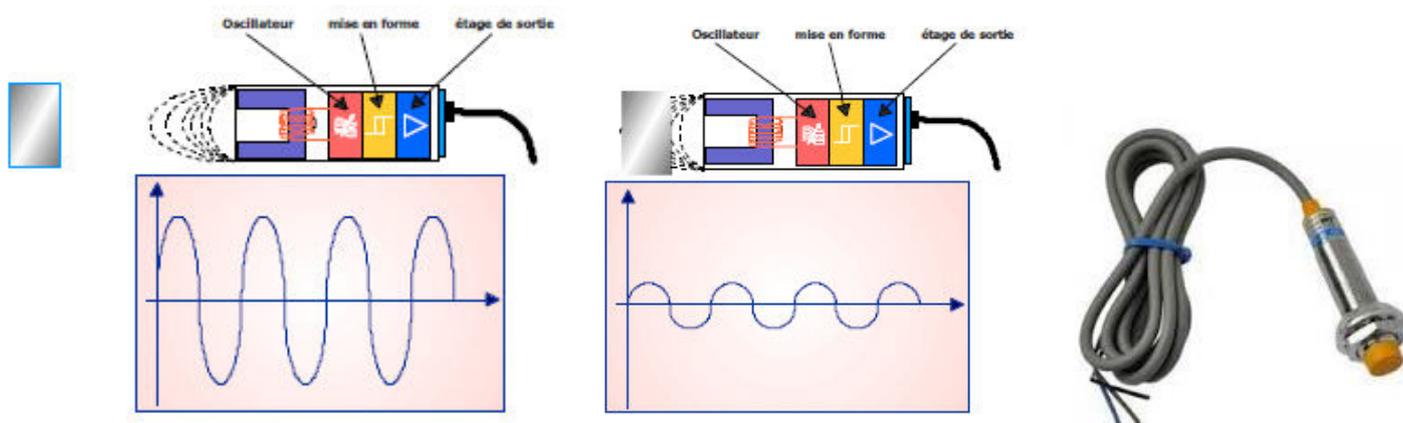
b. Capteurs sans contact

· Capteurs inductifs

Ils détectent sans contact tout objet métallique. Cette détection peut traduire selon le type de l'application la présence, le passage, le défilement, le bourrage, le positionnement d'un objet et peut être également utilisée pour le comptage d'objets métalliques.

· Principe

Il se compose d'un oscillateur dont les bobinages constituent la face sensible. A l'avant de celle-ci est créé un champ magnétique alternatif ayant une fréquence de 100 à 600 kHz selon les modèles.



Lorsqu'un objet métallique pénètre dans ce champ, il est le siège de courants induits circulaires qui se développent à sa périphérie. Ces courants constituent une surcharge pour le système oscillateur et entraînent de ce fait une réduction de l'amplitude des oscillations au fur et à mesure de l'approche de l'objet métallique, jusqu'au blocage complet. La détection est effective lorsque la réduction de l'amplitude des oscillations est suffisante pour provoquer un changement d'état de la sortie du détecteur.

· Détecteurs photoélectriques

Un détecteur photoélectrique réalise la détection d'une cible, qui peut être un objet ou une personne, au moyen d'un faisceau lumineux. Ses deux constituants de base sont donc un émetteur et un récepteur de lumière.

La détection est effective quand la cible pénètre dans le faisceau lumineux et modifie suffisamment la quantité de lumière reçue par le récepteur pour provoquer un changement d'état de la sortie.

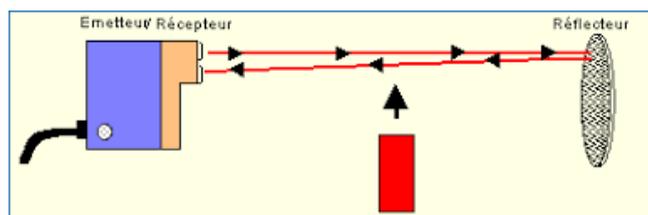
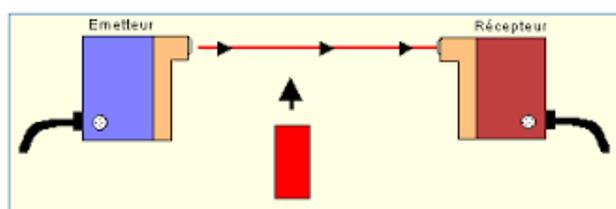
Elle est réalisée selon deux procédés :

- blocage du faisceau par la cible.
- renvoi du faisceau sur le récepteur par la cible.

C'est la technologie présentant le maximum de possibilités d'applications.

Elle apporte les avantages suivants :

- détection d'objets de toutes formes et de matériaux de toutes natures ;
- détection à très grande distance ;
- sortie statique pour la rapidité de réponse ou sortie à relais pour la commutation de charges jusqu'à 2A
- généralement en lumière infrarouge invisible, indépendante des conditions d'environnement.



Ces détecteurs sont utilisés dans les domaines industriels et tertiaires les plus divers : détection d'objets et de produits dans la manutention et le convoyage, détection de pièces machine dans les secteurs de la robotique, des ascenseurs et du bâtiment en général, du textile, détection de personnes, de véhicules ou d'animaux, etc.

VI.2. Capteurs analogiques

Il existe différents types de capteurs analogiques qui sont associés à des applications et à des grandeurs à mesurer de natures diverses tels que :

- les capteurs de proximité inductifs à sortie analogique qui sont destinés aux applications de contrôle de déplacement, de position, de déformation, etc.
- les détecteurs photoélectriques à sortie analogique permettant la détection des différents repères, des marquages, d'étiquettes, etc.

- les capteurs de vitesse telle que la dynamo tachymétrique.
- les sondes de température, ...

VI.3. Capteurs digitaux

A titre d'exemple, nous allons présenter les codeurs optiques qui sont utilisés pour la mesure de la position et de la vitesse des moteurs électriques employés pour la manutention, la robotisation, etc.

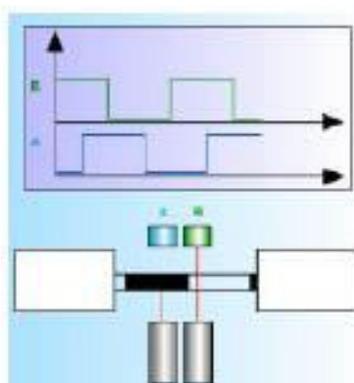
Parmi ces codeurs, nous distinguons essentiellement les codeurs incrémentaux et les codeurs absolus.

a. Le codeur incrémental

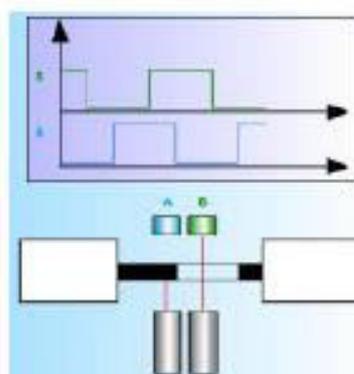
Ce codeur comporte un disque avec des fentes ou des zones transparentes réparties régulièrement sur une piste extérieure. Le nombre de ces fentes correspond à la résolution du codeur.

Ce disque sera fixé à l'extrémité de l'axe du moteur. Deux capteurs optiques à fourches (A et B), déphasés de $\frac{1}{4}$ de période, détectent les zones transparentes.

Ce système permet donc d'obtenir deux signaux en quadrature de phase. A partir de ces modules, nous pouvons déterminer la vitesse et le sens de rotation du moteur.



Dans un sens



Dans l'autre sens



b. Le codeur absolu

Contrairement au codeur incrémental, le codeur absolu permet d'obtenir directement la valeur binaire de la position. Il génère donc plusieurs signaux correspondant à la valeur numérique de la position. Cette information peut être codée en binaire ou bien en code Gray.