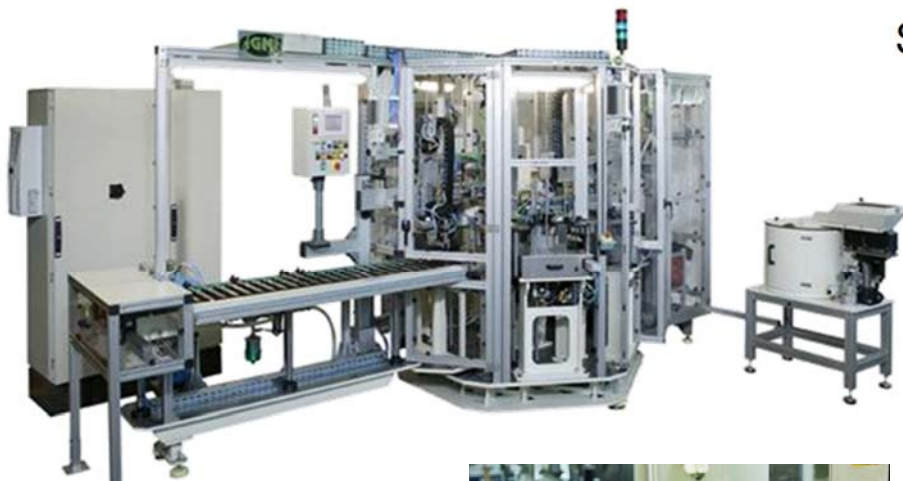




**POLYTECH<sup>®</sup>**  
**NANCY**

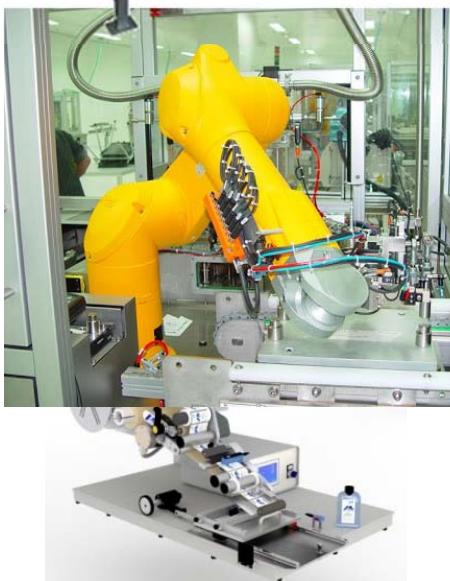
# CONCEPTION & FABRICATION

## Chapitre 1 : Typologie des chaînes fonctionnelles



Spécialité : IA2R  
Informatique  
Automatique  
Robotique  
Réseau

Parcours : 2I  
Internet  
Industriel



Formation par  
apprentissage

3<sup>ème</sup> année S5



# TYPOLOGIE DES CHÂÎNES FONCTIONNELLES

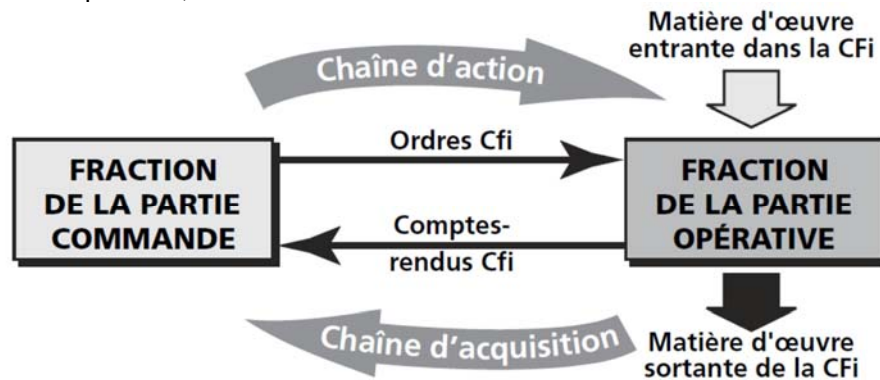
## Table des matières :

1 – STRUCTURE D'UNE CHAÎNE FONCTIONNELLE .....	3
2 – LA CHAÎNE D'ACTION .....	4
2.1 – Les effecteurs et les transmetteurs de puissance .....	4
2.1.1 – Fonction .....	4
2.1.2 – Mobilité fonctionnelle d'une partie opérative .....	4
2.1.3 – Caractéristiques .....	4
2.1.4 – Typologie des solutions : les effecteurs .....	5
2.1.5 – Typologie des solutions : les transmetteurs de puissance .....	6
2.2 - Les actionneurs et les préactionneurs associés .....	7
2.2.1 – Fonction .....	7
2.2.2 – Typologie des énergies d'entrée et de sortie pour un actionneur .....	7
2.2.3 – Caractéristiques .....	8
2.2.4 – Typologie des solutions pour les actionneurs .....	8
2.2.5 – Typologie des solutions pour les préactionneurs .....	9
3 - LA CHÂÎNE D'INFORMATION .....	10
3.1 - Les capteurs .....	10
3.1.1 – Fonction .....	10
3.1.2 – Typologie des informations d'entrée et de sortie .....	10
3.1.3 – Typologie des solutions .....	10
3.2 - Les commandes programmables .....	10
3.2.1 – Fonction .....	10
3.1.2 – Typologie des informations d'entrée et de sortie .....	10

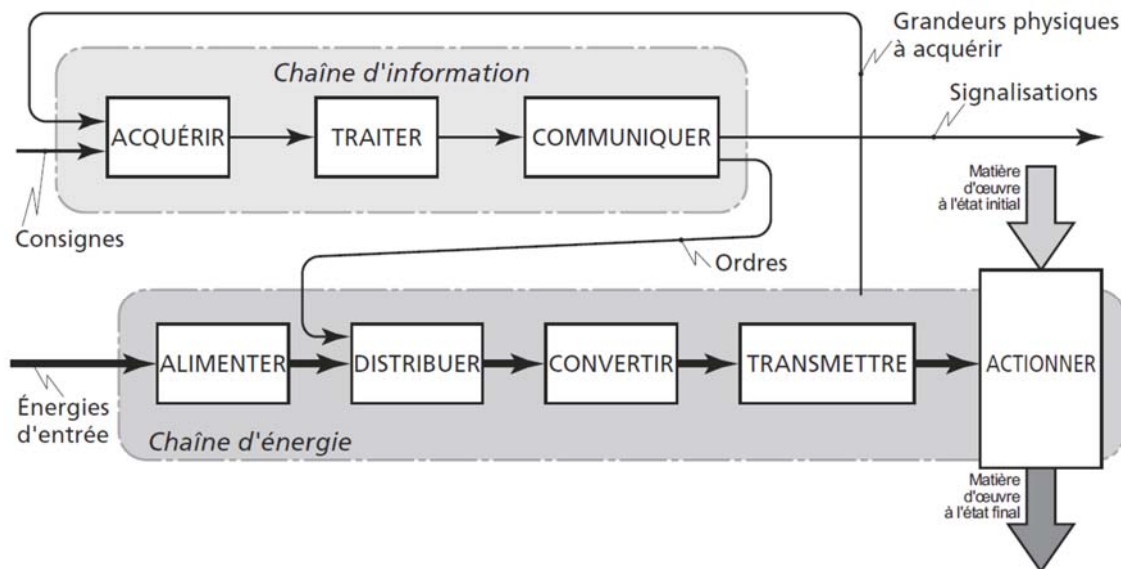
# 1 - STRUCTURES D'UNE CHAÎNE FONCTIONNELLE

La structure générale d'une chaîne fonctionnelle peut être organisée de deux façons différentes, selon le découpage qui est opéré (point de vue) :

– selon un découpage structurel Partie Opérative / Partie Commande (PO / PC), on fait apparaître la chaîne d'action et la chaîne d'acquisition ;

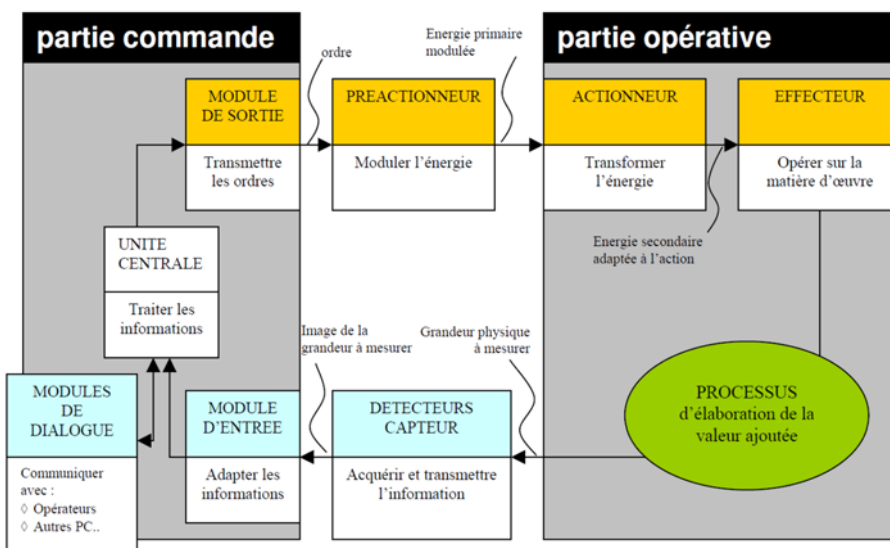


– selon un découpage fonctionnel, on fait apparaître la chaîne d'information et la chaîne d'énergie.



On peut remarquer que la chaîne d'action est incluse dans la chaîne d'énergie, tout comme la chaîne d'acquisition est incluse dans la chaîne d'information. Les paragraphes qui suivent vont détailler les constituants de chacune de ces chaînes.

En adoptant un découpage structurel Partie Opérative / Partie Commande plus détaillé :



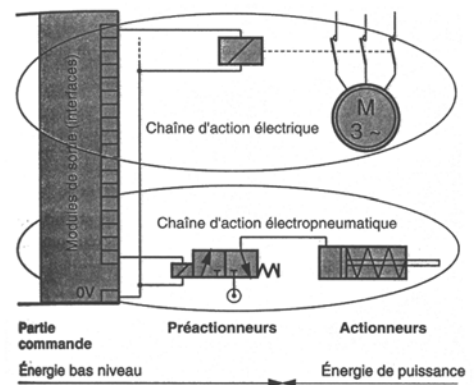
- La chaîne d'action peut éventuellement comprendre un ou plusieurs transmetteurs (réducteur, vis-écrou, joint de transmission, ...). Ceux-ci transmettent l'énergie, très souvent mécanique, à l'effecteur sous une forme exploitable.

- La chaîne d'acquisition est nécessaire pour les systèmes asservis. Par contre dans l'exemple d'un portail automatique, l'ouverture et la fermeture de la porte ne font pas l'objet d'un compte rendu à la PO (pas de détecteur de fin de course) : c'est une temporisation (variable interne à la PC) qui règle les temps (ouverture et fermeture).

- Les capteurs et les pré-actionneurs sont considérés comme ne faisant partie ni de la PO ni de la PC. Ils sont à l'interface entre la PC et la PO. De ce fait ils sont généralement en présence de deux niveaux d'énergie distincts, voir la figure ci-contre :

- un niveau de basse énergie qui véhicule les ordres émanant de la PC ;
- un niveau d'énergie élevé, provenant d'une source énergie extérieure, servant à alimenter l'actionneur en aval.

De plus ces énergies peuvent être de nature différente comme pour la chaîne fonctionnelle électropneumatique ci-contre.



## 2 - LA CHAÎNE D'ACTION

### 2.1 - Les effecteurs et les transmetteurs de puissance

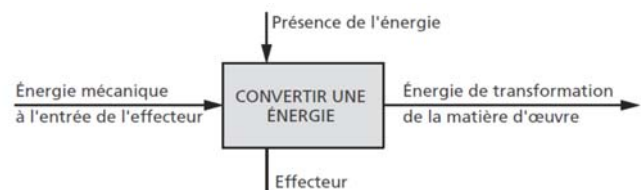
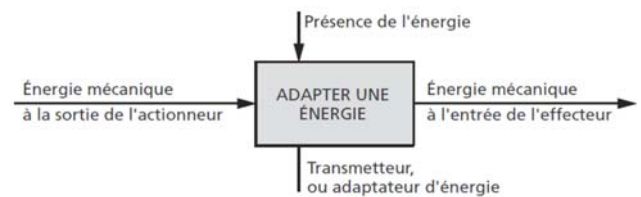
#### 2.1.1 – Fonction

• Le **Transmetteur de puissance, ou adaptateur d'énergie** est un objet technique qui transmet, avec ou sans transformation des caractéristiques, une énergie mécanique d'un actionneur vers un effecteur.

Exemples : accouplement, réducteur de vitesse, mécanisme bielle-manivelle, mécanisme vis/écrou, mécanisme articulé, ...

• L'**Effecteur** est un objet technique généralement constitué d'éléments mécaniques articulés, qui convertit l'énergie mécanique d'un actionneur ou d'un transmetteur de puissance en une énergie mécanique permettant de réaliser une opération sur la matière d'œuvre traitée par le système.

Exemples : membrane d'une pompe, pince de robot, tapis roulant, ...



#### 2.1.2. Mobilité fonctionnelle d'une partie opérative

La mobilité fonctionnelle d'une partie opérative est le mouvement correspondant à la fonction de service qu'elle réalise. La fonction de service est ici l'action attendue de l'effecteur pour répondre au besoin de transformation de la matière d'œuvre. Lors de l'analyse d'un mécanisme, la mobilité fonctionnelle peut être vérifiée grâce aux connaissances liées au cours de cinématique.

#### 2.1.3. Caractéristiques

- Les **caractéristiques d'un transmetteur de puissance** dépendent de la nature du transmetteur, mais de façon générale, il faut connaître :
  - la valeur de la puissance transmissible ;
  - le rendement ;
  - les dimensions caractéristiques (encombrement) ;
  - ses interfaces de liaison relatives à l'énergie mécanique d'entrée (liaison avec l'actionneur) et à l'énergie mécanique de sortie (liaison avec l'effecteur) ;
  - son interface de liaison éventuelle avec le bâti ;
  - ses caractéristiques spécifiques.
- Les **caractéristiques d'un effecteur** dépendent de la nature de l'effecteur, mais de façon générale, il faut connaître :
  - la valeur de la puissance utilisable ;
  - le rendement ;
  - les dimensions caractéristiques (encombrement).
  - ses interfaces de liaison relatives à l'énergie mécanique d'entrée (liaison avec le transmetteur) et à la (aux) matière(s) d'œuvre (liaison ou contact) ;
  - son interface de liaison avec le bâti ;
  - ses caractéristiques spécifiques.



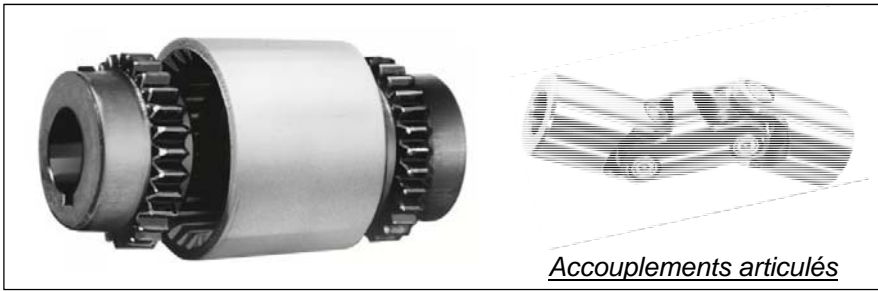
#### 2.1.4. Typologie des solutions : les effecteurs

Comme écrit plus haut, les effecteurs sont les éléments terminaux de la chaîne d'action. L'effecteur convertit l'énergie reçue de l'actionneur ou du transmetteur, voire de l'adaptateur en une **opération** ou un **effet** sur la matière d'œuvre.



### 2.1.5. Typologie des solutions : les transmetteurs de puissance

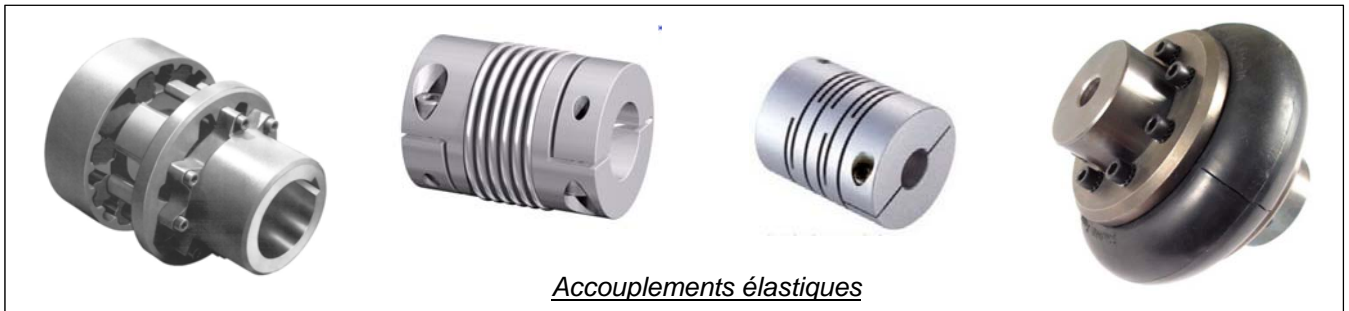
Pour transmettre la puissance mécanique entre les mécanismes, le mouvement de rotation continu est le plus utilisé. Dans certains cas, le récepteur reçoit un mouvement de rotation de vitesse angulaire égale à celle du moteur : un accouplement direct entre l'arbre moteur et l'arbre récepteur est alors suffisant (accouplement rigide, accouplement élastique, joint articulé à Cardan).



Accouplements articulés



Accouplement rigide



Accouplements élastiques

Parfois, une interruption de la transmission de puissance est nécessaire entre le moteur et le récepteur ; un embrayage permet à volonté d'établir ou supprimer la liaison entre l'arbre moteur et l'arbre récepteur. Les accouplements et les embrayages (en position embrayée) permettent de transmettre la puissance sans modification de la vitesse angulaire.



Embrayages à friction et à crabot

Dans d'autres cas, le récepteur doit avoir un mouvement de rotation dont la vitesse angulaire, le sens de rotation et/ou l'axe de rotation sont différents de ceux du moteur. Il est donc nécessaire d'interposer, dans la chaîne cinématique, un mécanisme de transmission de puissance capable de modifier les paramètres cités avant. C'est le cas des réducteurs et multiplicateurs de vitesse à engrenages, des transmissions par lien flexible : pignons et chaînes ou poulies et courroies.



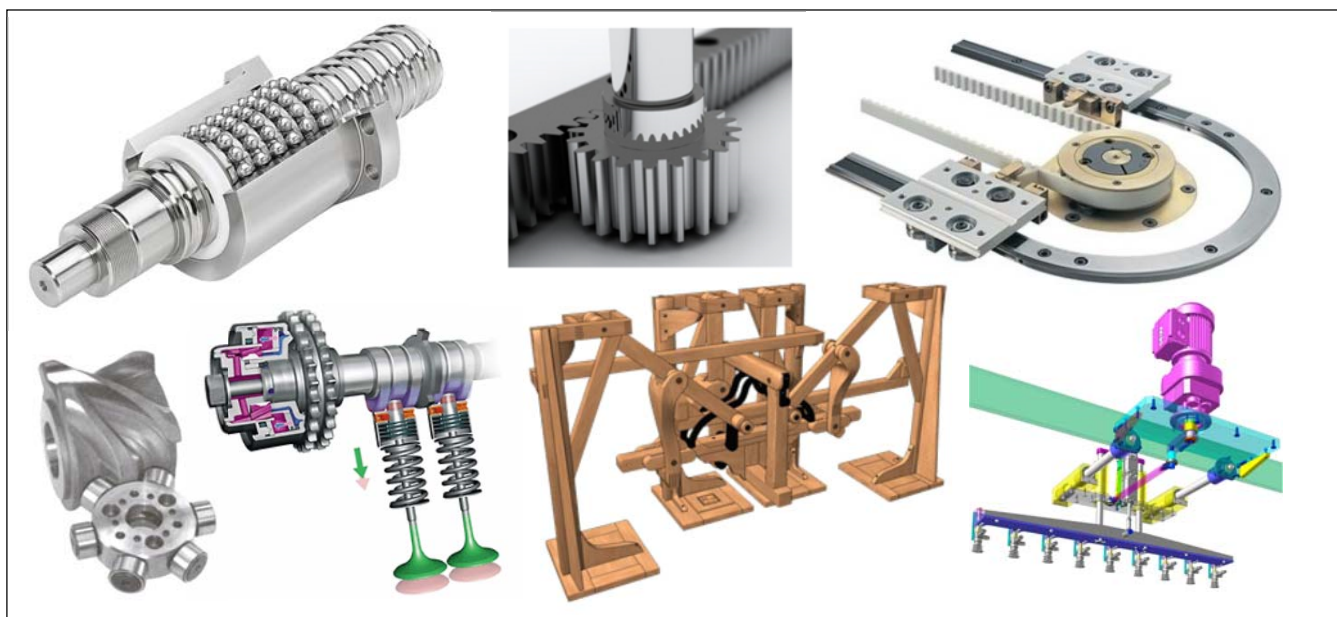
Réducteur à engrenages

Transmissions par lien flexible

← Boîte de vitesse



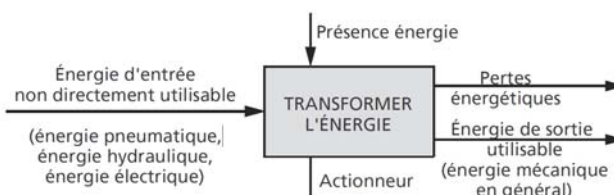
Au niveau de l'effecteur, au bout de la chaîne de transmission de puissance, il est souvent nécessaire de disposer d'un mouvement de translation : il faut, dans ce cas, utiliser des mécanismes de transmission de puissance avec modification de la nature du mouvement tels que les mécanismes vis écrou, le mécanisme pignon crémaillère, les liens flexibles, les mécanismes articulés ou les cames.



## 2.2 - Les actionneurs et les préactionneurs associés

### 2.2.1 – Fonction

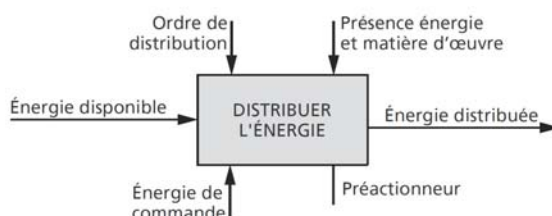
- Un **actionneur** est un objet technique qui transforme une énergie d'entrée non directement utilisable (exemple : énergie pneumatique ; énergie hydraulique ; énergie électrique) en une énergie de sortie utilisable pour agir sur les transmetteurs ou sur les effecteurs ; cette énergie, en général, est mécanique.



Exemples : moteurs (électrique, hydraulique, pneumatique, à combustion...), vérins (pneumatique, hydraulique, électrique), électroaimants, moteurs linéaires, ...

- Un **préactionneur** est un élément dont le rôle est de distribuer l'énergie utile aux actionneurs sur ordre de la partie commande.

Exemples : préactionneurs usuels : contacteurs, relais, variateurs de puissance (pour les moteurs électriques), distributeurs (pour les vérins ou moteurs hydrauliques et pneumatiques).



### 2.2.2 – Typologie des énergies d'entrée et de sortie pour un actionneur

- Les **énergies d'entrée** les plus fréquemment rencontrées sont l'**énergie électrique**, l'**énergie pneumatique** et l'**énergie hydraulique**.

Type	Commentaire	Grandeurs caractéristiques	Puissance
<b>Énergie électrique</b>	Généralement fournie par le réseau EDF, elle peut également provenir d'accumulateurs, de piles, de panneaux solaires, d'alternateurs...	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Tension U</b>, qui peut être continue, redressée ou alternative, varie entre 5 et 380 V.</li> <li><b>Intensité I</b>, qui peut varier de quelques mA à plusieurs A.</li> </ul>	$P = U \cdot I$
<b>Énergie pneumatique</b>	Elle résulte de la compression de l'air, de son stockage et de sa distribution par le biais d'un réseau interne à l'entreprise ou au véhicule.	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Pression p</b>, généralement de l'ordre de 5 à 10 bar (0,5 à 1 MPa).</li> <li><b>Débit volumique Qv</b>.</li> </ul>	$P = p \cdot Q_v$
<b>Énergie hydraulique</b>	Elle résulte de la mise sous pression d'un fluide (huile) et de sa distribution par le biais d'un réseau propre à une machine ou à un véhicule.	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Pression p</b>, généralement de l'ordre de 5 à 400 bar (0,5 à 40 MPa).</li> <li><b>Débit volumique Qv</b>.</li> </ul>	

Remarque : la production d'énergie hydraulique est plus compliquée et plus dangereuse à mettre en œuvre ; elle offre cependant un rapport puissance / encombrement incomparable.

• L'**Énergie de sortie** la plus fréquemment rencontrée est l'**énergie mécanique**, mais on rencontre aussi l'**énergie thermique, lumineuse ou sonore**. Seule l'énergie mécanique est abordée ici. L'énergie mécanique est la somme de l'énergie potentielle et de l'énergie cinétique d'un solide. L'énergie cinétique dépendant de la vitesse, donc du mouvement du solide, on peut distinguer le cas du mouvement de translation et le cas du mouvement de rotation. En effet, dans les systèmes, on a généralement besoin soit d'une rotation, soit d'une translation pour animer les effecteurs.

Type	Grandeurs caractéristiques	Puissance
Énergie Mécanique de Translation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Effort F</li> <li>Vitesse (linéaire) V</li> </ul>	$P = F.V$
Énergie Mécanique de Rotation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Couple C</li> <li>Vitesse angulaire <math>\Omega</math></li> </ul>	$P = C.\Omega$

### 2.2.3 – Caractéristiques

Les caractéristiques d'un actionneur sont :

- la nature et la puissance  $P_e$  de l'énergie d'entrée ;
- la nature et la puissance  $P_s$  de l'énergie de sortie ;
- son rendement ;
- son interface de liaison relative à l'énergie d'entrée (branchement électrique, pneumatique ou hydraulique) ;
- ses interfaces de liaison relatives à l'énergie de sortie (liaison avec le bâti d'une part, et avec le transmetteur ou l'effecteur d'autre part).

Les constructeurs d'actionneurs fournissent toutes ces caractéristiques dans leur documentation technique.

### 2.2.4 – Typologie des solutions pour les actionneurs

Les actionneurs sont généralement classés suivant la nature du mouvement de sortie (translation ou rotation) et suivant la nature de l'énergie d'entrée. Le tableau ci-dessous récapitule les principaux actionneurs.

ENTRÉE \ SORTIE	Énergie mécanique	
	de translation	de rotation
Énergie électrique	<b>Actionneurs Linéaires</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Moteurs linéaires,</li> <li>Électroaimants,</li> <li>Vérins électriques.</li> </ul>	<b>Actionneurs rotatifs</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Moteurs asynchrones,</li> <li>Moteurs synchrones,</li> <li>Moteurs pas à pas,</li> <li>Moteurs brushless,</li> <li>Moteurs à courant continu.</li> </ul>
Énergie pneumatique ou hydraulique	<b>Actionneurs Linéaires</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vérins simple effet,</li> <li>Vérins double effet,</li> <li>Vérins sans tige,</li> <li>Vérins à soufflet.</li> </ul>	<b>Actionneurs rotatifs</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vérins rotatif,</li> <li>Moteur à palettes,</li> <li>Moteur à engrenages,</li> <li>Moteurs à pistons.</li> </ul>

Vérins électriques



↑ Électroaimant



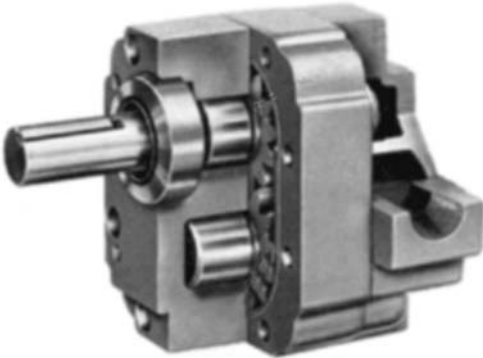
← Moteur linéaire

**NEW!**

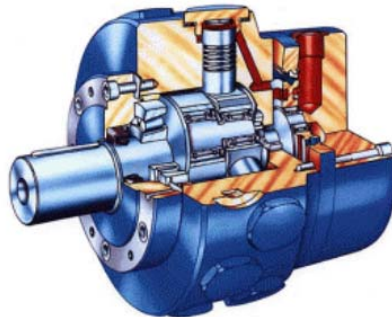




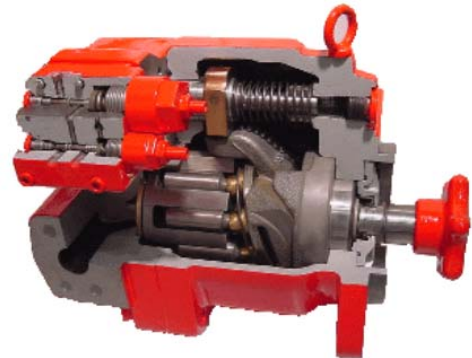
Vérins rotatifs ou oscillants



Moteur à engrenages



Moteur à pistons radiaux



Moteur à pistons axiaux

Moteur à palettes

## **2.2.5 – Typologie des solutions pour les préactionneurs**

Les préactionneurs se rencontrent sous deux formes distinctes :

- les distributeurs pneumatiques ou hydrauliques pour les actionneurs respectivement pneumatiques ou hydrauliques ; ils peuvent être en commande "tout ou rien" ou proportionnels ;
- les relais ou contacteurs ou variateurs pour les actionneurs électriques.

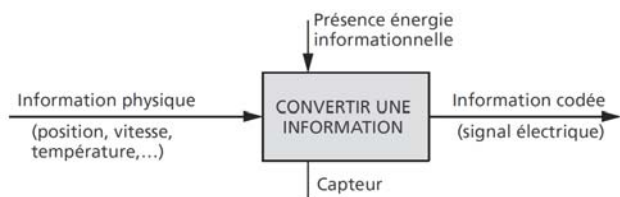


## 3 - LA CHAÎNE D'INFORMATION

### 3.1 - Les capteurs

#### 3.1.1 – Fonction

• Un capteur est un objet technique qui convertit une information physique (position, vitesse, orientation, température, ...) en une information codée (généralement électrique). C'est un organe de prélèvement d'informations qui élabore à partir d'une grandeur physique (information entrante) une autre grandeur physique de nature différente (très souvent électrique). Cette grandeur, représentative de la grandeur prélevée, est utilisable à des fins de mesure ou de commande.



- Relation entre l'information à détecter (ou à capter) et son image physique :

Les capteurs utilisés dans les systèmes automatisés sont de véritables "*organes des sens*". Ils évitent ainsi à l'homme de s'astreindre à guetter les événements ou phénomènes attendus sur le système.

#### 3.1.2 – Typologie des informations d'entrée et de sortie

• **Informations d'entrée** : Parmi les informations de toutes natures issues de notre environnement, on distingue les grandeurs physiques associées à des événements climatiques, géométriques ou encore lumineux ou temporels.

Les informations d'entrée les plus fréquemment rencontrées sont les informations :

- de présence qui indiquent la présence d'un "objet" à proximité immédiate ;
- de position, de déplacement ou de niveau qui indiquent la position courante d'un "objet" animé d'un mouvement de rotation ou de translation ;
- de vitesse qui indiquent la vitesse linéaire ou angulaire d'un "objet" ;
- d'accélération, de vibration ou de choc ;
- de débit, de force, de couple, de pression ;
- de température, d'humidité, ... ;

La diversité des informations physiques à capter et leur importance au sein d'un système engendrent un choix cohérent et approfondi des capteurs à employer.

• **Informations de sortie** : Les informations de sortie des capteurs sont des informations codées que l'on trouve essentiellement sous la forme d'un signal électrique.

La grandeur électrique de sortie du capteur peut varier :

- de manière binaire (information vraie ou fausse), c'est le capteur tout ou rien ;
- de façon progressive (variation continue), c'est le capteur analogique ;
- par échelons de tension ou de courant, c'est le capteur numérique.

#### 3.1.3 – Typologie des solutions



### 3.2 - Les commandes programmables

#### 3.2.1 – Fonction

La commande (ou partie commande) d'un système traite les informations qui permettent d'assurer le pilotage et la coordination des tâches réalisées par la partie opérative. Lorsque, dans la partie commande, le traitement de l'information est réalisé par l'exécution d'une suite d'instructions modifiable (le programme).

#### 3.1.2 – Typologie des informations d'entrée et de sortie

Les parties commandes programmables se limitent à deux solutions concurrentes et complémentaires : les automates programmables industriels (API) et les ordinateurs personnels (PC) équipés de cartes E/S.