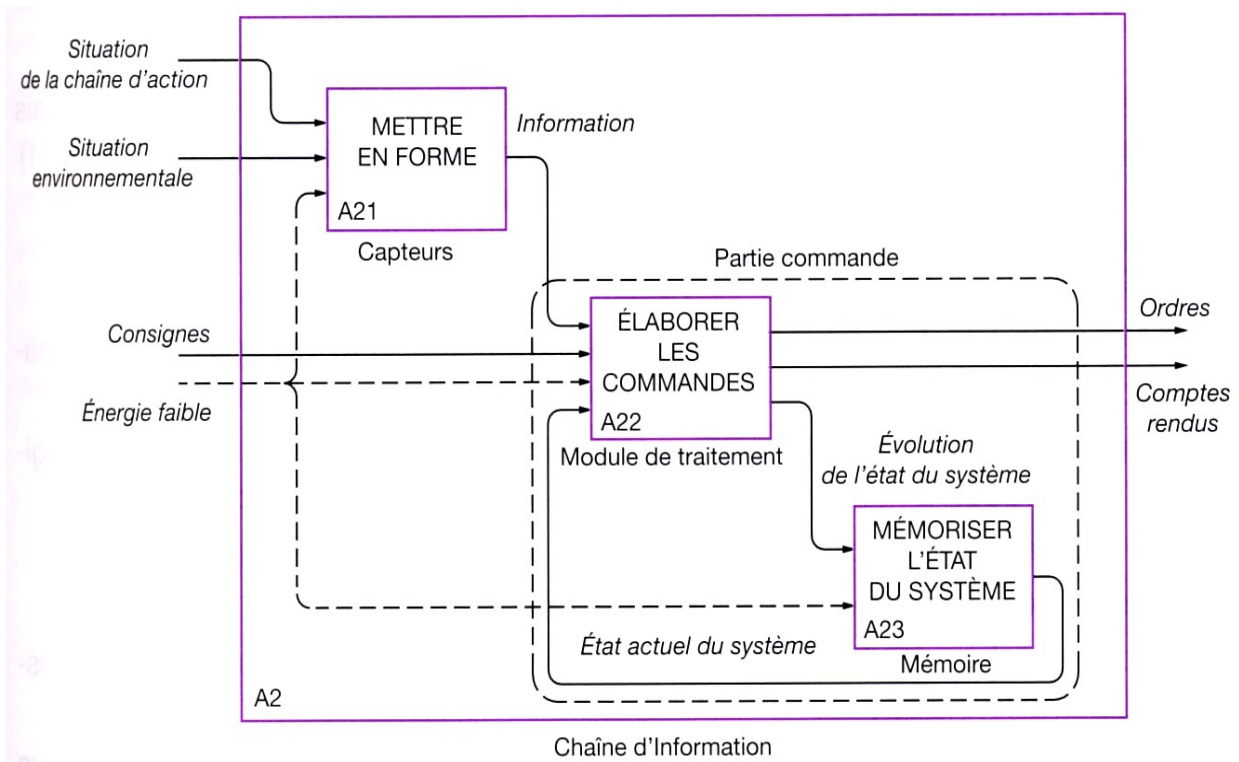


Annexe

B-Chaîne d'information, chaîne d'énergie et chaîne d'action

B.1 La chaîne d'information

La chaîne d'information est constituée des capteurs et de la partie commande. Le schéma ci-dessous résume, en utilisant le formalisme de la méthode SADT, l'organisation fonctionnelle de cette chaîne :

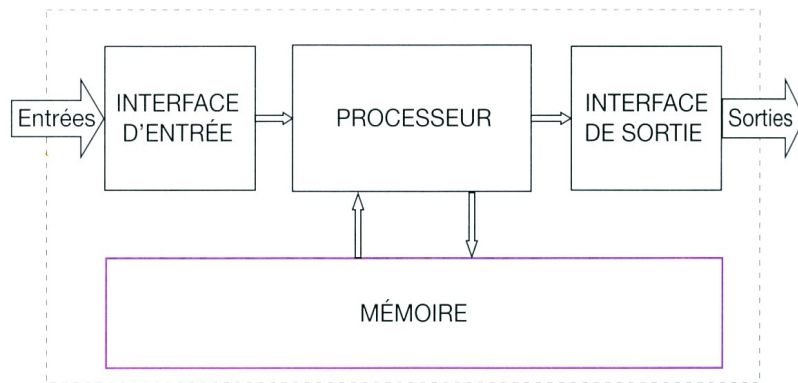


B.1.1 Les capteurs

Le rôle des capteurs est de traduire l'état actuel du système et de son environnement sous forme de signaux interprétables par le module de traitement. Pour faire face à la diversité des grandeurs à mesurer (température, pression, vitesse, position, force...) on dispose d'une grande variété de capteurs, capables de délivrer l'information sous forme électrique ou pneumatique essentiellement (voir Annexes).

B.1.2 La partie commande

Elle est constituée par le processeur accompagné de ses interfaces d'entrée et de sortie, ainsi que de la mémoire.



L'interface d'entrée met en forme les signaux provenant des capteurs et de l'interface homme/machine, afin de les rendre compatibles avec le processeur. À chaque instant, le processeur élabore les ordres en fonction des informations d'entrée et de l'état antérieur du système puis met à jour la mémoire ; entre le processeur et la mémoire, l'échange d'information est bidirectionnel. L'interface de sortie traduit les ordres élaborés par le processeur sous forme de signaux compatibles avec les préactionneurs.

B.1.3 Le processeur

Le processeur peut être réalisé en technologie câblée (très grande robustesse mais configuration figée) ou programmée (grande souplesse d'utilisation) :

- *Technologies câblées :*
 - ◆ électrique,
 - ◆ pneumatique,
 - ◆ électro-pneumatique.
- *Technologies programmées :*
 - ◆ électronique,
 - ◆ logiciel.

B.1.4 Les interfaces

Dans le cadre d'un traitement numérique, une information véhiculée par un signal analogique doit être traduite à l'aide d'un convertisseur analogique numérique (CAN). De même, un ordre à destination d'un préactionneur sensible à un signal analogique doit être traduit à l'aide d'un convertisseur numérique analogique (CNA). Un convertisseur analogique numérique est constitué de trois circuits :

- ◆ l'horloge fixe la période d'échantillonnage ;
- ◆ le bloqueur mémorise le niveau de la tension qu'on souhaite numériser aux instants d'échantillonnage ;
- ◆ le numériseur transforme la tension constante fournie par le bloqueur en un nombre binaire écrit sur n bits.

B.1.5 La mémoire

La mémoire permet d'enregistrer les informations sur l'état du système.

L'entité élémentaire d'information est le « bit », abréviation de « binary digit » mais aussi jeu de mot puisque, en anglais, « a bit » est une toute petite chose. Un bit mémorise l'état d'une seule

variable binaire (0 ou 1).

L'« octet » regroupe 8 bits ; il permet de coder $2^8 = 256$ situations différentes.

Il est possible de réaliser des mémoires pneumatiques, électriques, ou électroniques. Les mémoires pneumatiques ou électriques ne sont utilisées que par des processeurs câblés dans la technologie correspondante. En revanche, le recours à la logique programmée implique l'utilisation de mémoires électroniques de grande capacité, ne fût-ce que pour stocker les programmes exécutés par le processeur.

B.2 La chaîne d'énergie

La chaîne d'énergie regroupe les préactionneurs. Elle assure la gestion des flux d'énergie (électrique, pneumatique, hydraulique, etc.) vers les actionneurs en fonction d'ordres émis par la chaîne d'information.

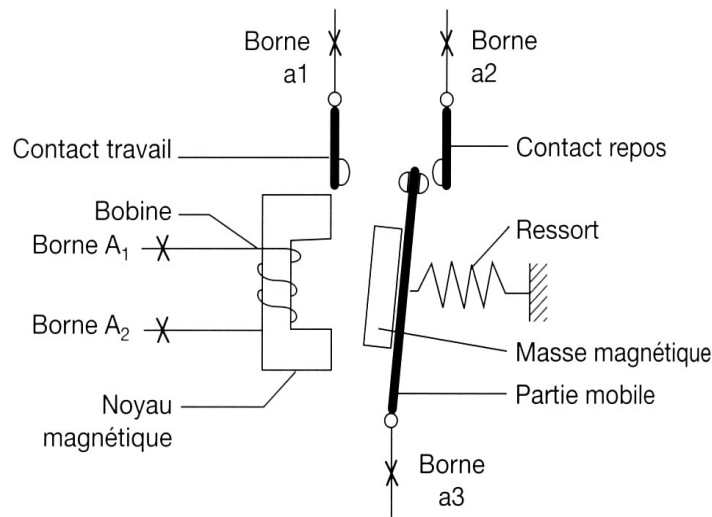
Le préactionneur peut être :

- ♦ soit un simple interrupteur qui établit ou interrompt la circulation de l'énergie entre une source et un actionneur (relais, distributeur) ;
- ♦ soit un régulateur qui module le débit d'énergie entre la source et l'actionneur (hacheur, variateur, carte de puissance...).

B.2.1 Les relais

Principe :

un relais est constitué d'un circuit de commande (solénoïde) et d'un ou plusieurs interrupteurs électriquement indépendants.



Le passage du courant dans le solénoïde provoque l'aimantation du noyau en fer doux qui attire la masse magnétique solidaire de la palette mobile : celle-ci se déplace.

Lorsqu'on interrompt le passage du courant de commande, l'aimantation disparaît et la palette mobile reprend sa position de repos grâce à un ressort de rappel.

Utilisation :

Sur le schéma précédent, on peut identifier :

- ◆ les bornes A1 et A2 qui permettent l'entrée du signal de commande ;
- ◆ si on utilise les bornes a3 et a1 le flux de puissance est contrôlé par un interrupteur "ouvert au repos". Le relais réalise une fonction "oui" ;
- ◆ si on utilise les bornes a3 et a2 le flux de puissance est contrôlé par un interrupteur "fermé au repos". Le relais réalise une fonction "non".

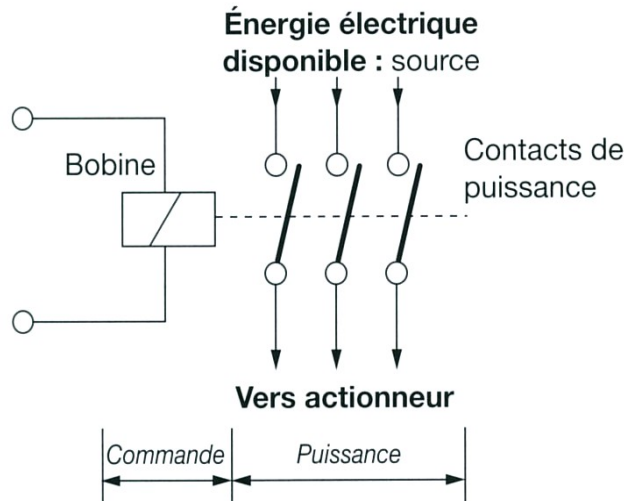
À l'intérieur d'un relais, un ou plusieurs contacts ouverts ou fermés au repos, sont pilotés par le signal de commande.

Le nombre de contact de chaque nature caractérise le relais :

- ◆ T = travail = ouvert au repos = normalement ouvert ;
- ◆ R = repos = fermé au repos = normalement fermé.



Le schéma suivant montre un relais utilisé en commande de moteur triphasé.



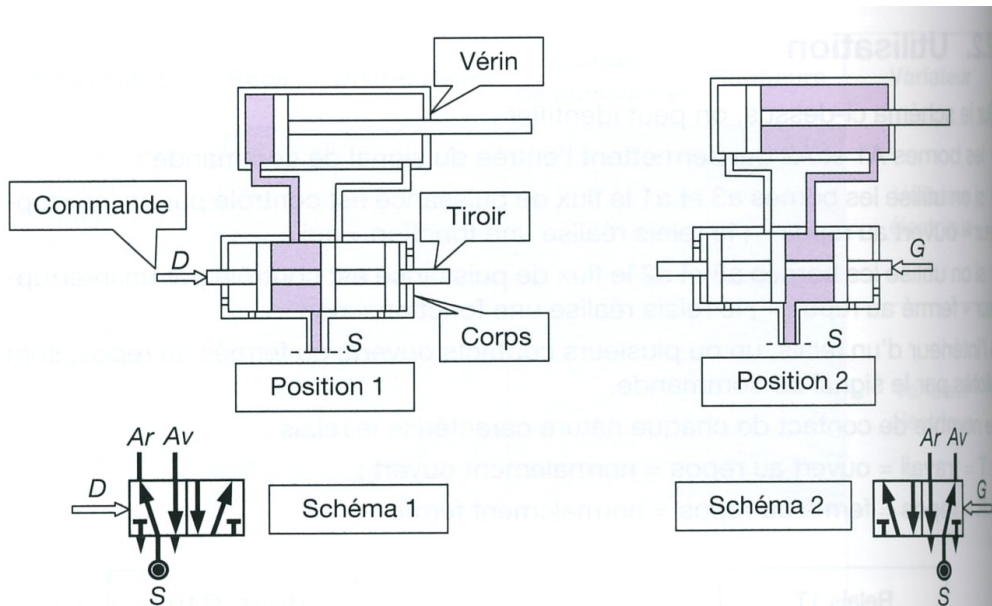
B.2.2 Les distributeurs pneumatiques

Principe :

Le distributeur est constitué d'un corps, d'un tiroir et d'une commande pour translater le tiroir par rapport au corps.

Il est associé à deux types d'actionneurs : le vérin et le moteur pneumatique.

Les schémas ci-dessous montrent l'association distributeur-vérin : la position du tiroir permet de mettre en communication l'arrivée d'air dans la chambre appropriée selon le sens de déplacement du piston du vérin.



L'action D pousse le tiroir vers la droite. La chambre arrière du vérin est mise en communication avec la source de pression S. La chambre avant est mise à l'échappement : la tige du vérin sort.

L'action G pousse le tiroir vers la gauche. La chambre avant du vérin est mise en communication avec la source de pression S. La chambre arrière est mise à l'échappement : la tige du vérin rentre.

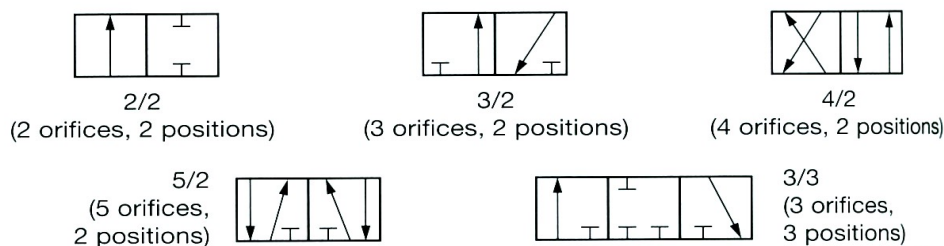
Schéma normalisé et désignation :

Sur les figures précédentes, pour chacune des positions représentées, un schéma du distributeur est donné.

Principe :

Il suffit de schématiser :












- ♦ par des cases, le nombre de positions prises (2 ou 3 selon le distributeur) par le tiroir ;
- ♦ par des flèches et des "tés" à l'intérieur des cases, les connexions entre les différents orifices ;



La commande du préactionneur est schématisée au moyen de symboles placés de part et d'autre comme indiqué dans le tableau suivant.

La présence de rappels par ressort caractérise les distributeurs monostables. En l'absence de signal de commande, le tiroir revient toujours dans le même état stable naturel (appelé état de repos).

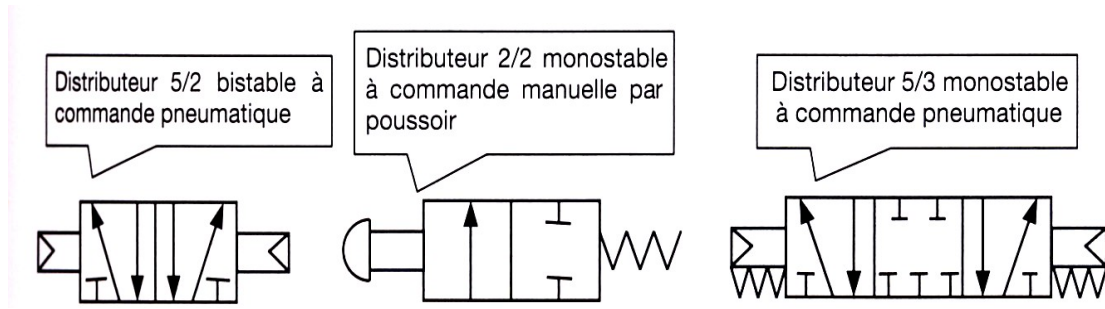
Les distributeurs bistables conservent leur position même lorsque la commande qui les y a placés cesse et ce jusqu'à ce qu'une nouvelle commande les fasse évoluer.

Commandes	Composants	Schémas
Cas général	X	 Symbole général
Mécaniques	Galet	 Commande par galets (2 sens d'action)
	Poussoir	 Commande mécanique à poussoir
	Ressort	 Rappel par ressort
Électriques	Bobine	 Commande électrique (1 enroulement)
Pneumatiques	Piston	 Commande indirecte par pression
Manuelles	Général	 Commande manuelle (général)
	Levier	 Commande manuelle par levier
	Poussoir	 Commande manuelle par poussoir
	Pédale	 Commande manuelle par pédale
Multi pilotage	Bobine + piston (électro-pneumatique)	 Commande électro-pneumatique

Désignation:

On désigne un distributeur en indiquant son nombre d'orifices, le nombre de positions qu'il peut occuper et le type de pilotage, on précise s'il est monostable ou bistable.

Exemples :



B.3 La chaîne d'action

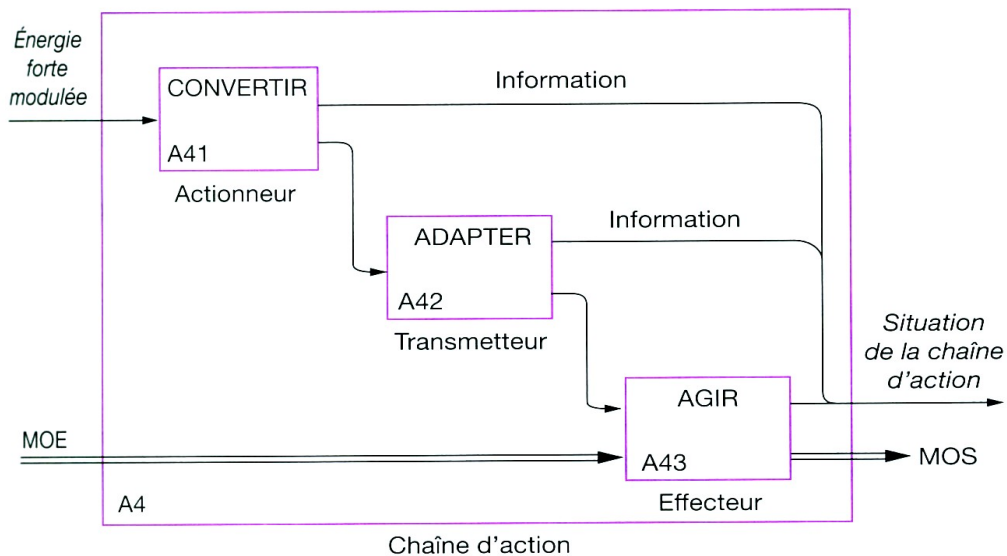
B.3.1 Structure

La chaîne d'action agit directement sur la matière d'oeuvre afin de lui conférer la valeur ajoutée attendue. Elle est en général à dominante mécanique et regroupe trois familles de constituants : les actionneurs, les transmetteurs et les effecteurs.

Les puissances mises en jeu sont importantes, elles peuvent aller de quelques watts à plusieurs centaines de mégawatts.

Elles sont sans commune mesure avec les flux d'énergie qui circulent au niveau de la chaîne d'information.

L'actigramme A4 résume la structure de cette chaîne et le flux de matière d'oeuvre.



Pour tenter de classer les différents dispositifs de conversion de puissance, on peut construire le tableau ci-dessous :

Sortie Entrée	Puissance électrique	Puissance mécanique	Puissance fluide	Puissance chimique
Puissance électrique	Transformateur, convertisseur	Moteur électrique	Système piézoélectrique	Accumulateur. batteries
Puissance mécanique	Dynamo, alternateur	Transmetteur mécanique	Pompe, compresseur	
Puissance fluide	Système piézoélectrique	Éolienne, vérin, moteur, turbine	Échangeur de pression	
Puissance chimique	pile, batterie	Moteur thermique	Explosif	

Les termes de la diagonale font référence à des transmetteurs, les autres à des actionneurs.

B.3.2 Les actionneurs

La fonction globale d'un actionneur est de convertir l'énergie forte modulée en énergie utilisable par la chaîne d'action. L'actionneur est un composant "hétéro-énergétique", c'est-à-dire que les grandeurs d'entrée et de sortie sont différentes (termes extra-diagonaux du tableau précédent).

La grande majorité des actionneurs est composée par les moteurs (électriques, thermiques, hydrauliques ou pneumatiques) qui convertissent en énergie mécanique l'énergie disponible (électrique, chimique, hydraulique ou pneumatique). On peut également disposer d'informations sur l'état interne de l'actionneur. Une sonde thermique renseigne le conducteur d'une voiture sur la température du moteur. Un thermo-contact stoppe le moteur électrique de l'ouvre-portail lorsque celui-ci a atteint une température critique.

Le programme de sciences industrielles pour l'ingénieur des classes préparatoires aux grandes écoles limite notre étude à quatre types de grandeur physique d'entrée :

- ◆ électricité (puissance électrique) ;
- ◆ combustible organique type hydrocarbure (puissance chimique) ;
- ◆ eau, huile ou liquide sous pression (puissance hydraulique) ;
- ◆ air ou gaz sous pression (puissance pneumatique).

On limitera notre étude aux actionneurs qui délivrent une énergie mécanique.

Les actionneurs électriques :

Caractéristiques Actionneurs	Points forts	Points faibles	Remarques
Le moteur à courant continu	Fort couple au démarrage	Entretien des balais	Utilisé dans les commandes d'axe
Le moteur asynchrone	Le prix le plus bas du marché	Faible couple au démarrage	Moteur au prix d'achat le plus faible pour des applications à vitesse fixe (peu précise).
Le moteur synchrone	Vitesse de rotation très précise	Couple de décrochage. Vitesse de rotation unique.	Très bon rendement et très bon facteur de puissance
Le moteur pas à pas	Fonctionnement possible en commande directe pour une régulation	Risque d'erreurs dans le décompte de pas. Couple très faible.	Réalise un positionnement très précis (lecteurs de disques, enregistreurs graphiques...)

Les actionneurs thermiques

Caractéristiques Actionneurs	Points forts	Points faibles	Remarques
Le moteur thermique « 2 temps »	Absence de soupape	La combustion n'est pas complète. Peu de couple	Puissance supérieure à celle d'un moteur 4 temps à cylindrée égale.
Le moteur thermique « 4 temps »	La combustion des gaz est presque complète	Mécanisme de commande des soupapes	Ce moteur utilise de l'essence, du gasoil ou du gaz liquide (GPL)
Le moteur rotatif Wankel	Fonctionnement sans vibration et sans chocs (excellent équilibrage)	Étanchéité aux sommets du rotor	L'écoulement des gaz n'est pas perturbé par la fermeture ou l'ouverture d'une soupape.

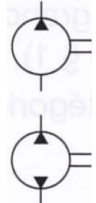
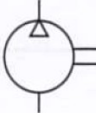

Les actionneurs pneumatiques



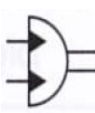
Caractéristiques Actionneurs	Points forts	Points faibles	Remarques
Moteur à palettes	Très grande vitesse de rotation	Peu de couple	Grippage fréquent des palettes
Vérin pneumatique	Exploitation à faible coût	Effort limité. Positionnement seulement en extrémités	Conception simple
Vérin vireur à pignon et crémaillère	Course en rotation réglable	Encombrement important	
Vérin papillon	Conception simple	Étanchéité de la palette	
Éolienne	Utilise une puissance renouvelable	Produit peu de puissance électrique. Volume sonore.	Deux conceptions : verticale ou horizontale
Moulin à vent	Utilise une puissance renouvelable	Mauvais rendement	

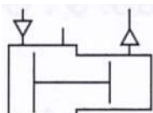
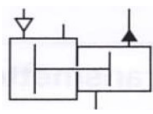
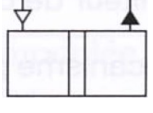
Les actionneurs hydrauliques




Caractéristiques Actionneurs	Points forts	Points faibles	Remarques
Moteur à palettes	Couple	Étanchéité palettes	
Moteur à engrenage	Très grande vitesse de rotation	Prix	Composants très coûteux
Moteur à pistons (axiaux ou radiaux)	Couple Prix très important	Prix	C_{Max} jusqu'à 35 000 N.m
Vérin hydraulique	Effort très important	Étanchéité	
Turbine Francis	Rendement très élevé	Hauteur de chute d'eau limité à 300 m	Puissance jusqu'à 10 000 kW
Turbine Pelton	Hauteur de chute d'eau jusqu'à 1 km		Utilisé dans les barrages hydrauliques
Roue à aubes	Utilise une énergie renouvelable	Peu de couple	Utilisé dans les scieries

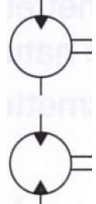
Schématisation

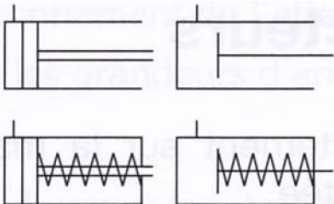
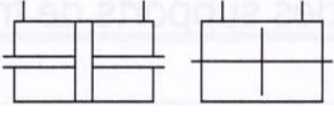
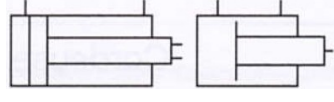
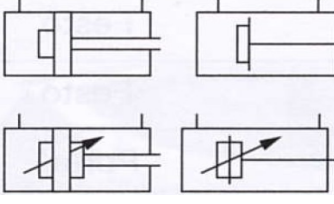
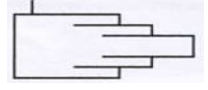
<i>Pompes et compresseurs</i>	
Pompes hydraulique à cylindrée fixe : - à un sens de flux - à deux sens de flux	
Compresseur à cylindrée fixe (à un sens de flux)	
Pompes hydraulique à cylindrée variable : - à un sens de flux	

Moteur pneumatique à cylindrée fixe : - à un sens de flux	
Moteur pneumatique à cylindrée variable : - à deux sens de flux	
Moteur oscillant : - hydraulique	

<i>Multiplicateurs de pression</i>	
- à une seule nature de fluide	
- à deux natures de fluide	
Échangeurs de pression pneumatique-hydraulique	

<i>Pompes-moteurs</i>	
Pompe-moteur à cylindrée fixe : - à un seul sens de flux	
Variateurs hydrauliques	
Pompe-moteur à cylindrée variable : - à deux sens de flux	

<i>Moteurs</i>	
Moteur hydraulique à cylindrée fixe : - à un sens de flux - à deux sens de flux	

Vérins	
Vérin à simple effet : - à rappel par force non définie - rappel par ressort	Détaillé Simplifié 
Vérin à double effet : - à double tige traversante	
Vérin différentiel	
Vérin avec amortisseur : - fixe d'un côté - réglage des deux côtés	
Vérin télescopique : - à simple effet	

B.3.3 Les transmetteurs

Le transmetteur adapte au mode de fonctionnement de l'effecteur l'énergie utilisable délivrée par l'actionneur.

Le transmetteur est « homo-énergétique », les grandeurs d'entrée et de sortie sont de même nature. Les transmetteurs sont regroupés en deux catégories :

Les transmetteurs linéaires

Transmetteurs	Supports TP
Le réducteur (ou multiplicateur) à engrenages	Maxpid, DAEV, Cordeuse
Le réducteur (ou multiplicateur) à poulie-courroie, pignon-chaîne ou roue de friction	Cordeuse
Le système vis-écrou	Maxpid

Les transmetteurs non linéaires

Transmetteurs	Supports TP
Limiteur de couple	Portail
Mécanisme plan à 4 barres articulées	MaxPID Portail

B.3.4 Les effecteurs

L'effecteur agit directement sur la matière d'oeuvre (contact physique) et lui apporte la valeur ajoutée.

C'est un élément spécifique à chaque système. Cependant on peut citer six exemples classiques issus des supports de travaux pratiques :

Effecteurs	Supports TP	Fonction
Pince	Cordeuse	Préhension
Poussoir	Festo	Déstockage
Tapis roulant	Festo	Convoyage
Aiguillage	Festo	Tri
Vantail	Portail	Ouverture - fermeture
Ventouse	MaxPID	Préhension