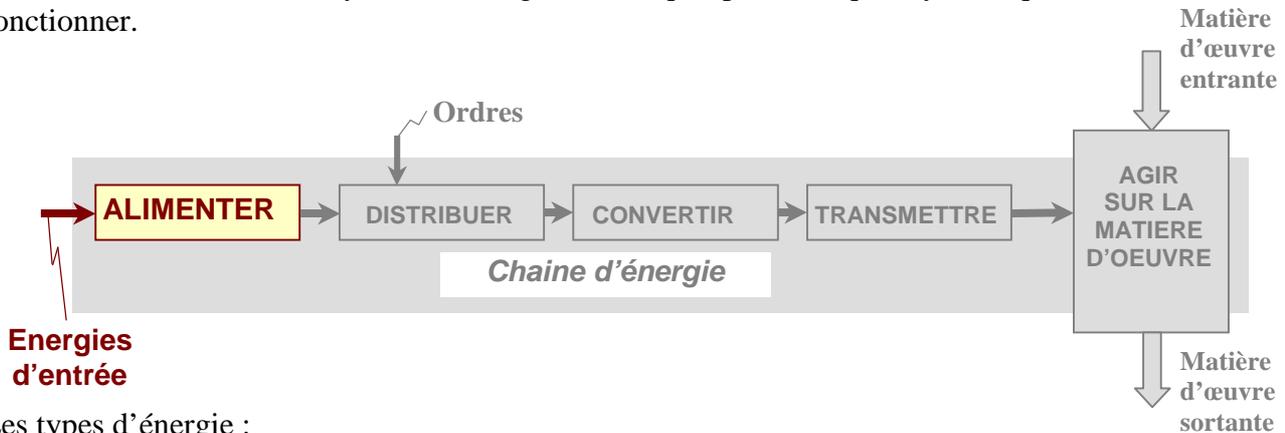


L'action sur la matière d'œuvre nécessite de l'énergie. La chaîne d'énergie est constituée des fonctions alimenter, distribuer, convertir, transmettre et agir.

I. Fonction Alimenter

I.1. Présentation

Alimenter c'est fournir au système l'énergie (électrique, pneumatique, hydraulique) dont il a besoin pour fonctionner.



Les types d'énergie :

- L'énergie électrique par réseau.
- L'énergie électrique locale.
- L'énergie pneumatique.

I.2. L'énergie électrique par réseau

Elle est fournie par ONE, par l'intermédiaire d'un réseau de l'énergie électrique de type courant alternatif de fréquence 50 Hz et des tensions variables : 230V monophasé, 400V triphasé, ... etc qui nécessite un raccordement et une protection.

Elle est produite dans des centrales et quelque soit leur type, on y trouve toujours un alternateur entraîné par une turbine. Il existe 3 types de centrales :

- Centrales hydrauliques ;
- Centrales thermiques.
- Centrales nucléaires

I.2.1. Centrales hydrauliques

Ces centrales sont situées sur le bord d'un cours d'eau ou en montagne de telle sorte que l'énergie mécanique nécessaire pour la mise en rotation de l'**alternateur** puisse être fournie par une masse d'eau en mouvement.

On distingue 3 types de centrales hydrauliques :

- **Basse chute** : hauteur de 2 à 3 m (turbine **KAPLAN**, rotation de 75 à 120tr/min) ;
- **Moyenne chute** : hauteur de 30 à 200m (turbine **FRANCIS**, rotation de 100 à 600tr/min) ;
- **Haute chute** : hauteur de plus de 200m (turbine **PELTON**, rotation de 600 à 3000tr/min).

Remarque : La production de centrale est irrégulière, parce qu'elle est tributaire des conditions atmosphériques (pluie, sécheresse ...), qui peuvent échanger d'une année et d'une région à l'autre.

I.2.2. Centrales thermiques

C'est vapeur d'eau produite par une chaudière qui fournit l'énergie mécanique nécessaire au mouvement de l'alternateur.

Cette chaudière est alimentée par l'un des **3 combustibles** suivants : **charbon ; mazout ; fioul**.

Remarque : Les centrales thermiques sont situées au voisinage des mines de charbon, pour éviter les frais de transport, à proximité des grandes villes dont la consommation est importante et près d'un fleuve, à cause de la grande consommation d'eau nécessaire au refroidissement des turbines.

I.2.3. Centrales nucléaires

Elles sont alimentées par l'**uranium enrichi (239)** dont la fission d'un gramme libère une énergie d'environ **22 000 kWh**, soit autant que la combustion de **2500 tonnes** de charbon. Une centrale nucléaire

est une centrale thermique dont la chaudière est remplacée par un réacteur. La vapeur ainsi produite entraîne un **turboalternateur**.

I.3. L'énergie électrique locale

L'énergie électrique est soit produite localement et sous la forme directement utilisable emmagasinée et restituée en fonction des besoins.

I.3.1. Piles et accumulateurs

I.3.1.1. Piles

On obtient ce générateur électrochimique en plongeant deux électrodes de natures différentes dans un électrolyte. L'ensemble constitue une pile électrique, dont la tension dépend de la nature de l'électrolyte et des électrodes.



Piles

I.3.1.2. Accumulateurs

La différence entre les accumulateurs, aussi appelés batteries, et les piles, c'est qu'on peut recharger les accumulateurs une fois qu'ils sont "vides". Alors que les piles ne se rechargent pas.



Accumulateurs

I.3.2. Energie Solaire



Il utilise l'énergie du soleil. Des cellules photovoltaïques permettent de transformer directement l'énergie solaire en énergie électrique.

I.3.3. Energie éolienne

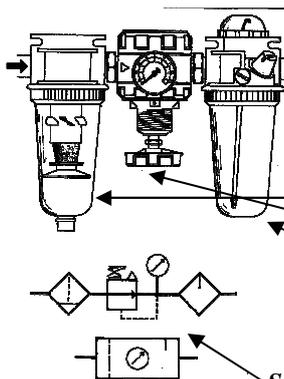
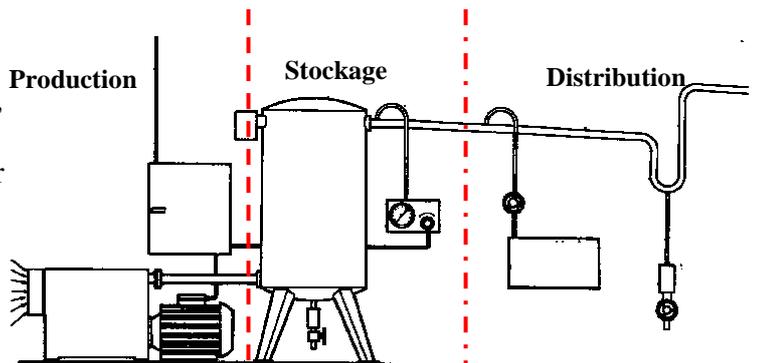
Un générateur éolien produit de l'électricité à partir de pales orientables. Ces pales ou hélices vont entraîner à leur tour la rotation d'un alternateur qui fournit une puissance électrique liée à la force du vent.



Eolienne 12V – 24V

I.4. L'énergie pneumatique

L'énergie pneumatique résulte de la compression de l'air et de sa distribution au travers d'un réseau de canalisations. Elle est assurée par un compresseur, animé par un moteur électrique. La pression est de l'ordre de 6 bars. Un réservoir permet de stocker l'air sous pression et évite le fonctionnement continu du moteur.



Système de conditionnement :

L'unité de conditionnement d'air comprimé **FRL** comprend :

- un **FILTRE** élimine les impuretés solides et liquides
- un **MANO-REGULATEUR** qui permet de régler une pression stable.
- Un **LUBRIFICATEUR** qui pulvérise un brouillard d'huile assurant un graissage des éléments mobiles et une protection contre l'oxydation.

Schéma de l'unité FRL

II. Fonction Distribuer

II.1. Présentation

L'énergie fournie par l'alimentation, qu'elle soit d'origine électrique ou pneumatique doit être *distribuée* aux différents actionneurs du système. Deux possibilités peuvent alors être envisagées :

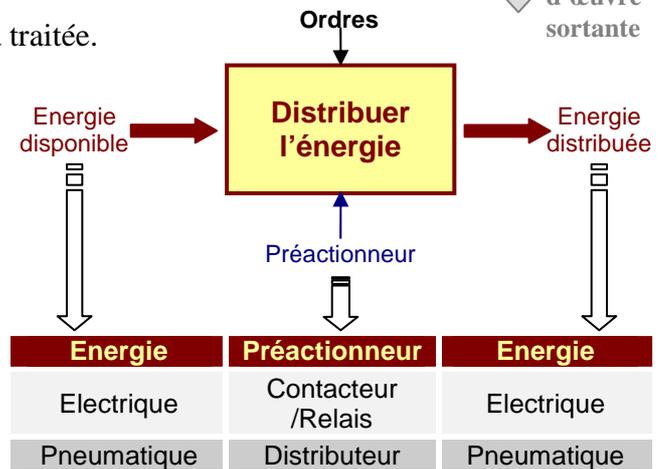
- Distribution en tout ou rien (ou par commutation), la source d'énergie est alors mise directement en relation avec l'actionneur.
- Distribution par modulation d'énergie, dans ce cas l'actionneur reçoit l'énergie de façon graduelle.



Remarque : seule la distribution en tout ou rien sera traitée.

Ces distributions sont assurées par des préactionneurs qu'on peut classer en fonction des grandeurs d'entrée et de sortie :

- Préactionneurs **électriques**
- Préactionneurs **pneumatiques**

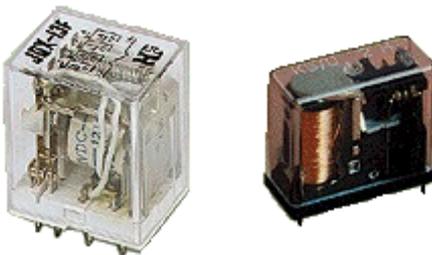


II.1. Préactionneurs électriques

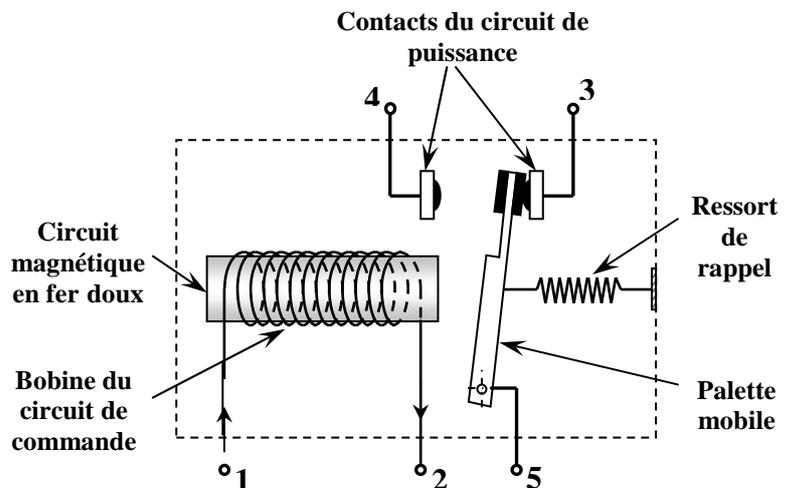
Parmi les préactionneurs électriques les plus utilisés on trouve **les relais** et **les contacteurs**.

Ces dispositifs permettent de commander un circuit de puissance à partir d'un circuit de commande.

II.1.1. Relais électromagnétique

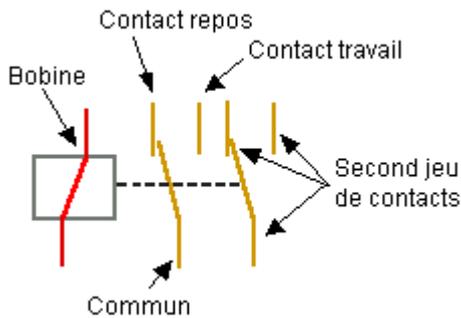


Comme son nom l'indique, il sert en tout Premier lieu à " relayeur ", c'est à dire à faire une **transition** entre un courant faible et un courant fort. Mais il sert également à commander plusieurs organes **simultanément** grâce à ses multiples contacts synchronisés



La palette est attirée par la bobine lorsque celle-ci est alimentée. La palette entraîne les contacts mobiles. Ceux-ci passent alors de la position repos (R) à la position travail (T).

Symbole du relais



Remarque :

Il existe des relais appelés bistables possédant deux bobines indépendantes. L'alimentation d'une bobine permet de mettre le contact en position de travail et l'alimentation de l'autre en position de repos.
 Quand le relais est utilisé en électrotechnique pour alimenter des moteurs triphasés, on le nomme contacteur.

II.1.2. Contacteurs

Les contacteurs électromagnétiques sont les **préactionneurs** associés aux actionneurs électriques, principalement les **moteurs**.

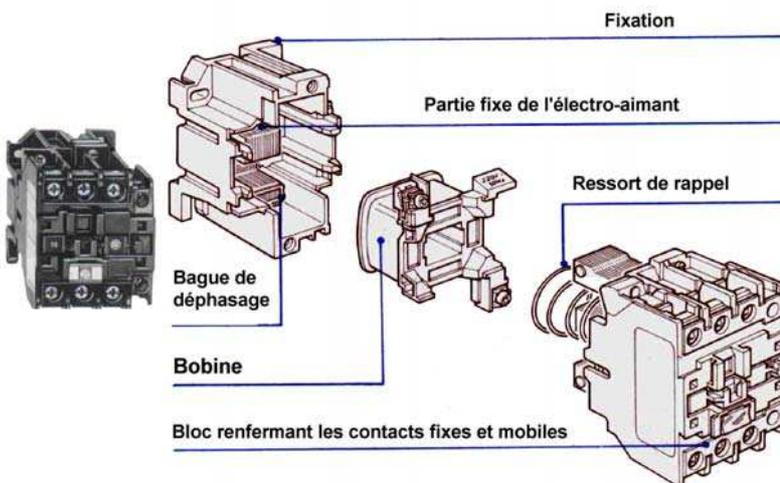


II.1.2.1. Définition

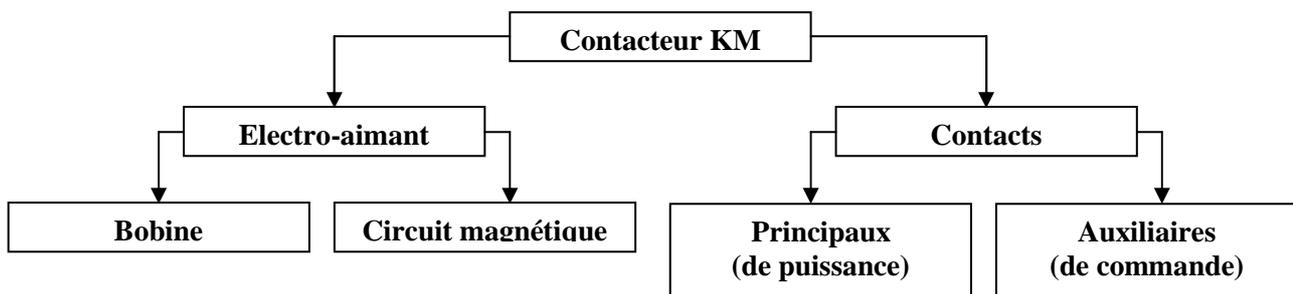
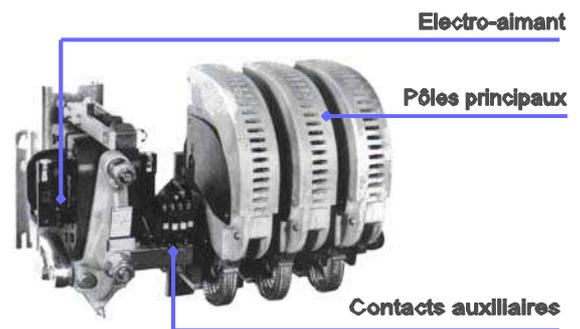
Le contacteur est un appareil mécanique de connexion, capable **d'établir**, de supporter et **d'interrompre** des courants dans les conditions normales du circuit, y compris les conditions de surcharge en service.

II.1.2.2. Constitution

Contacteur à translation



Contacteur à rotation



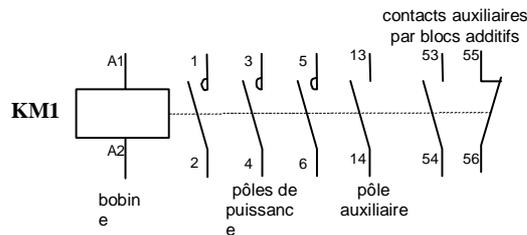
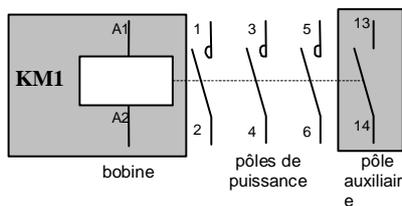
L'électro-aimant attire l'ensemble des contacts mobiles pour assurer la commutation. Lorsque la bobine n'est plus alimentée, un ressort permet le retour des contacts dans leur position de départ

Le contacteur comporte 4 ensembles fonctionnels :

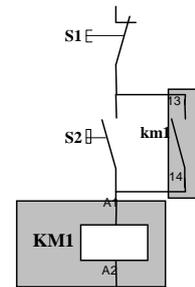
- le circuit principal ou circuit **de puissance**
- le circuit de **commande**
- le circuit **auxiliaire**
- l'organe **moteur**

II.1.2.3. Représentation et schéma

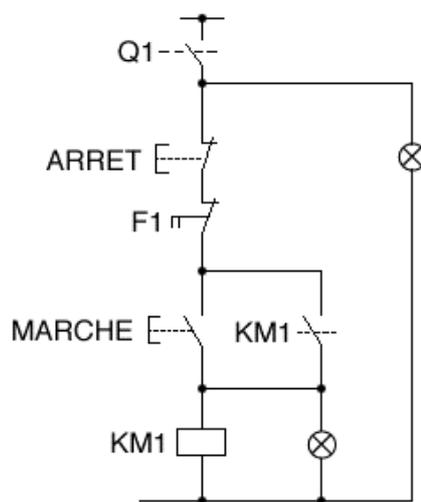
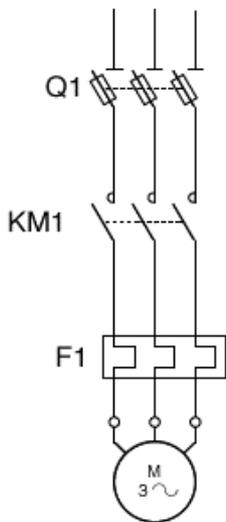
SCHMAS DE PUISSANCE



SCHEMA COMMANDE



II.1.2.4. Principe de fonctionnement :



Explications :

- Une impulsion sur **MARCHE** **enclenche** KM1 qui s'autoalimente (par son contact auxiliaire). Le moteur **tourne**.
- Une impulsion sur **ARRET** provoque **l'arrêt**. Le moteur **s'arrête**.

II.2. Préactionneurs pneumatiques

II.2.1. Rôle d'un préactionneur pneumatique

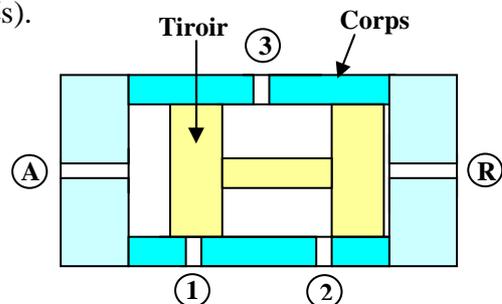
L'étude est limitée aux préactionneurs pneumatiques Tout Ou Rien (TOR) que l'on appelle distributeurs pneumatiques. Ils ont pour rôle de diriger le fluide ou l'air (sous pression) dans certaines directions. C'est grâce à eux qu'on peut commander de la sortie ou de la rentrée de tige d'un vérin par exemple.

II.2.2. Constitution (description)

Nous ne parlerons que des distributeurs à tiroirs (les plus utilisés).



Exemple de distributeurs (Telemecanique)



- ① ② ③ : Orifice pour branchement
- Ⓐ Ⓡ : Orifice de commande du distributeur

D'une manière générale, un distributeur est composé principalement d'un corps, d'un tiroir, des orifices d'entrée et de sortie du fluide ou de l'air et une ou deux commandes de pilotage

II.2.3. Fonctionnement

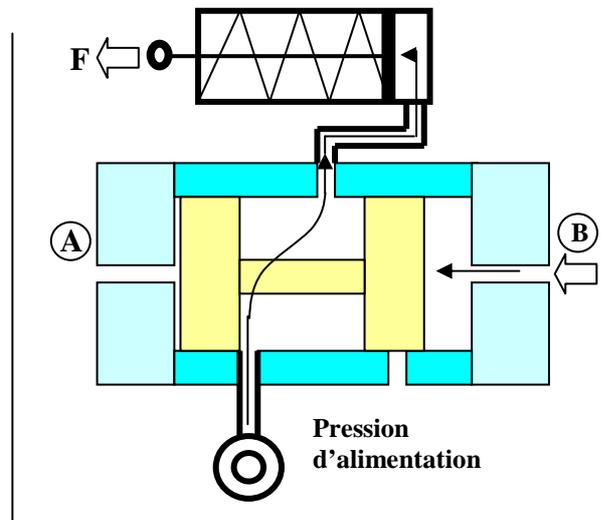
Par hypothèse, on suppose que :

- La pression alimente l'orifice 1
- L'orifice 2 est à l'air libre
- L'orifice 3 est relié à un vérin simple effet.

Si l'on applique une pression à la commande (B) ,
Le tiroir se déplace vers la gauche, et l'air
Sous pression sera envoyé dans la chambre du
Vérins : *la tige sort.*

Si l'on applique une pression à la commande (A) ,
Le tiroir se déplace vers la droite : *la tige du vérin
Rentre.*

II.2.4. Schéma de principe



II.2.5. Caractéristiques

Un distributeur est caractérisé par :

- Son nombre d'orifice (sans compter les orifices de commande).
- Le nombre de position du tiroir
- Le type de commande (1 ou 2 position stable ; on parle de monostable ou bistable)

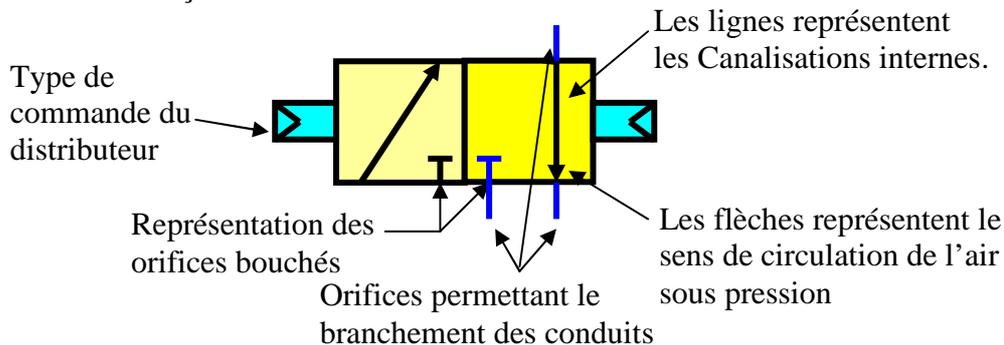
Les positions des tiroirs se symbolisent par des carrés, on symbolise le distributeur dans sa position de repos.

Exemple : Le distributeur utilisé précédemment utilise :

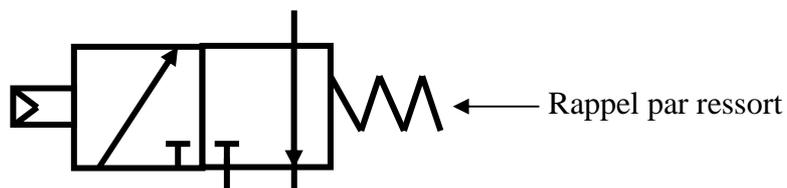
- 3 orifices
- 2 positions de tiroir
- 2 commandes pour 2 positions (bistable)

Il s'agit donc d'un distributeur 3/2 bistable

Il se symbolise de la façon suivante :



S'il s'agissait d'un distributeur 3/2 monostable, il se symboliserait de la façon suivante :



II.2.6. Commande des distributeurs

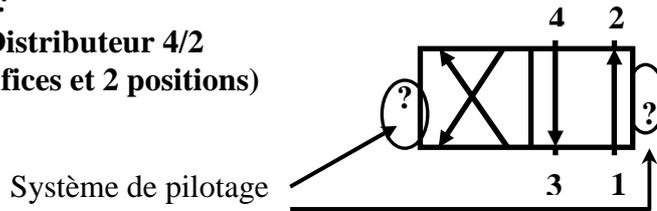
Si le distributeur possède une commande de chaque coté il est dit **bistable**. C'est à dire qu'il faut faire une action à chaque fois que l'on veut changer d'état.

Si le distributeur possède une seule commande d'un coté et un ressort de l'autre il est dit **monostable**. C'est à dire qu'il faut faire une action pour changer d'état et cesser cette action pour revenir à l'état précédent.

II.2.7. Types de distributeurs et leur symbolisation

Schéma normalisé d'un distributeur :

Distributeur 4/2
(4 orifices et 2 positions)



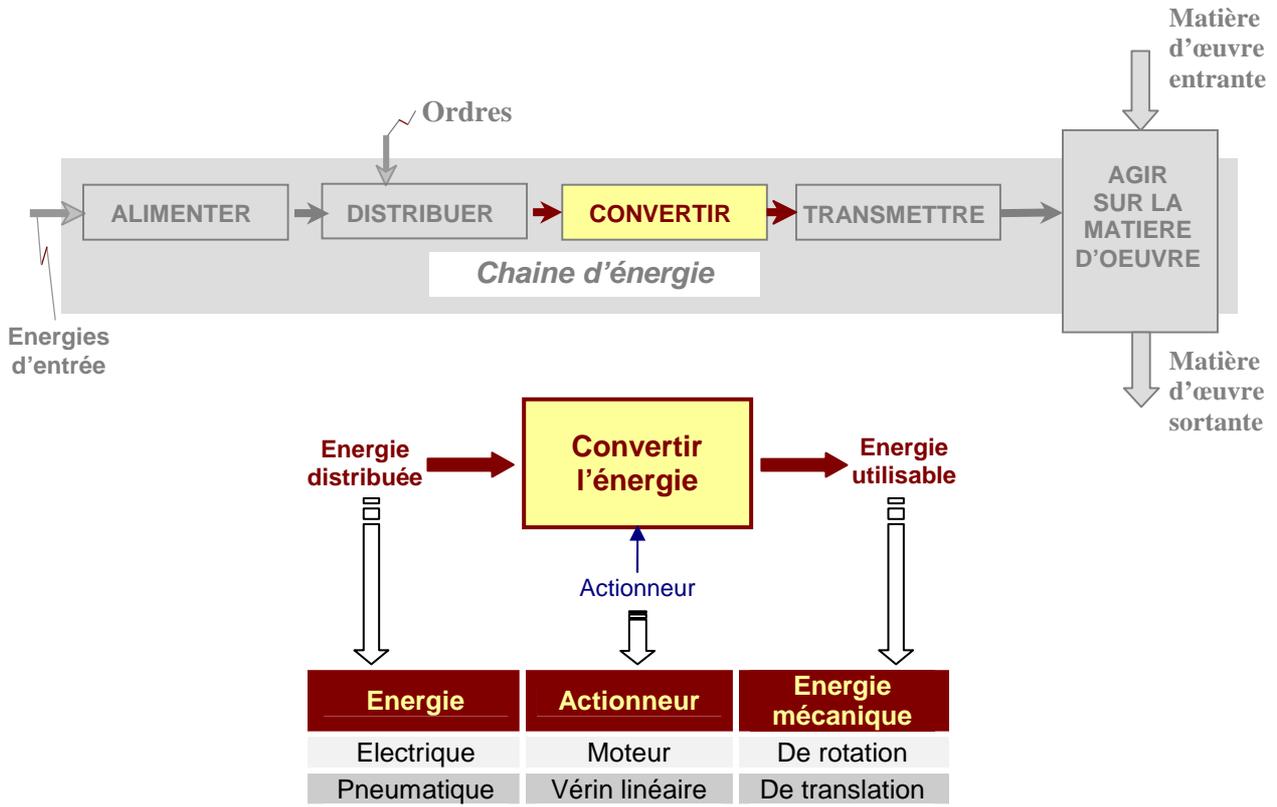
Principaux distributeurs et principaux dispositifs de pilotage												
	Symbole	Orifices	Positions	Symboles de pilotages								
2/2	 Normalement fermé	2	2	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 20px;"></td> <td>général</td> <td rowspan="3" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="3" style="vertical-align: middle;">manuel</td> </tr> <tr> <td></td> <td>bouton poussoir</td> </tr> <tr> <td></td> <td>pédale</td> </tr> </table>		général	}	manuel		bouton poussoir		pédale
	général	}	manuel									
	bouton poussoir											
	pédale											
3/2		3	2									
3/2		3	2	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 20px;"></td> <td>poussoir</td> <td rowspan="2" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">mécanique</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ressort</td> </tr> </table>		poussoir	}	mécanique		ressort		
	poussoir	}	mécanique									
	ressort											
4/2		4	2	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 20px;"></td> <td>1 enroulement</td> <td rowspan="2" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">électrique</td> </tr> <tr> <td></td> <td>hydraulique</td> </tr> </table>		1 enroulement	}	électrique		hydraulique		
	1 enroulement	}	électrique									
	hydraulique											
5/2		5	2	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 20px;"></td> <td>pneumatique</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		pneumatique						
	pneumatique											

III. Fonction convertir

III.1. Présentation

Puisque l'énergie souvent disponible est électrique et moins encore pneumatique, alors il faut convertir cette énergie disponible en énergie mécanique ; d'où l'utilisation des actionneurs qui assurent cette fonction de conversion. On trouve :

- Actionneurs électriques.
- Actionneurs pneumatiques



III.2. Actionneurs électriques

Il existe plusieurs types d'actionneurs électriques, on cite en particulier les moteurs, les électro-aimants et les électrovannes.

III.2.1. Moteurs électriques

Les moteurs électriques convertissent l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation. Du fait qu'il existe deux types de courant électrique (courant continu, ou courant alternatif), on trouve deux familles de moteurs électriques :

Le moteur à courant continu		Le moteur à courant alternatif	
			
constitué d'un rotor tournant	et d'un stator fixe	constitué d'un rotor tournant	et d'un stator fixe
 <i>axe + bobinage + collecteur</i>	 <i>tube + 2 aimants (pôles sud et nord) + balais</i>	<i>axe + lames d'acier serrées les unes contre les autres</i>	<i>carter + bobinage + lames d'acier</i>

Remarque :

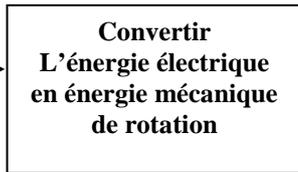
Les moteurs les plus répandus dans l'industrie sont les moteurs asynchrones triphasés



Puissance d'entrée (P_e)

$$P_{\text{elec}} = U \times I$$

(Watt) (Volt)(Ampère)



Puissance de sortie (P_s)

$$P_{\text{méca rotation}} = C \times \Omega$$

(Watt) (N.m)(rd/s)

↑
Moteurs électriques



III.2.2. Electroaimant

Il est capable d'attirer toute pièce métallique (fer). Il est utilisé comme système de levage tel que les grues des "ferrailleurs" et des "sidérurgistes".

III.3. Actionneurs pneumatiques

Un actionneur pneumatique est un dispositif qui transforme l'énergie de l'air comprimé en travail mécanique. Parmi les actionneurs pneumatiques les plus utilisés dans les systèmes automatisés on trouve :

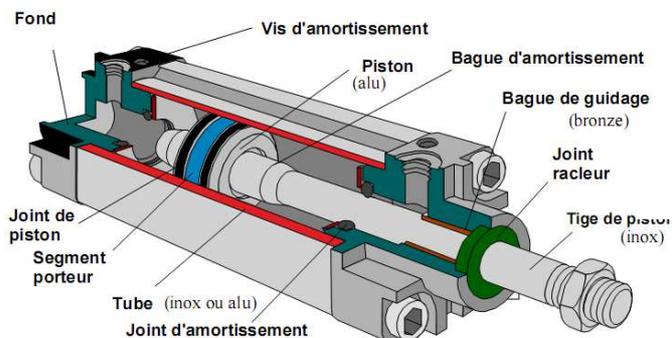
- les vérins pneumatiques ;
- le générateur de vide (Venturi.).

III.3.1. Vérins pneumatiques

III.3.1.1. Constitution

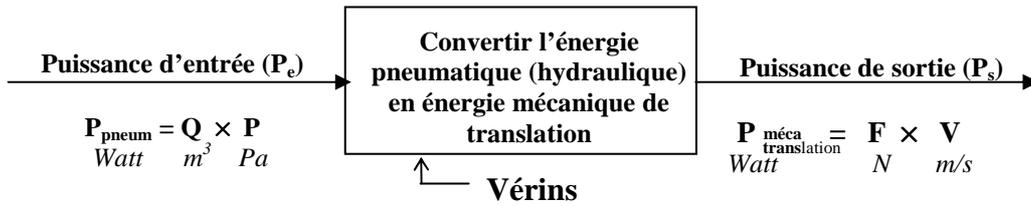
Un vérin est constitué de :

- d'un cylindre, fermé aux deux extrémités ;
- un piston muni d'une tige ;
- des orifices d'alimentation.



Il existe deux grandes familles de vérins :

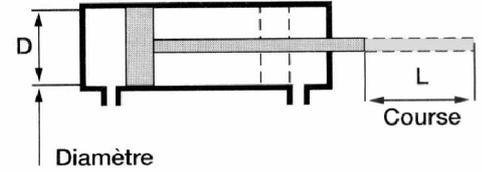
Les vérins simple effet	Les vérins double effet
<p>Le vérin simple effet est un composant monostable (Stable dans une seule position). Ce type de vérin ne peut produire un effort significatif que dans un seul sens, le rappel de tige est assuré par un ressort.</p> <p><u>Symbolisation :</u></p> <div style="text-align: center;"> </div>	<p>Le vérin double effet est un composant bistable (Stable dans deux positions). Ce type de vérin peut produire un effort significatif dans les deux sens, le rappel de tige est obtenu par inversion de l'alimentation des deux chambres.</p> <p><u>Symbolisation :</u></p> <div style="text-align: center;"> </div>



III.3.1.2. Caractéristiques et performances d'un vérin

Le fonctionnement d'un vérin dépend des caractéristiques suivantes :

- Le diamètre du piston ;
- La course de la tige ;
- La pression d'alimentation.



Le choix et le dimensionnement d'un vérin s'effectuent en fonction de l'effort à transmettre.

Cet effort est lié à la pression par la relation

$F = p.S$

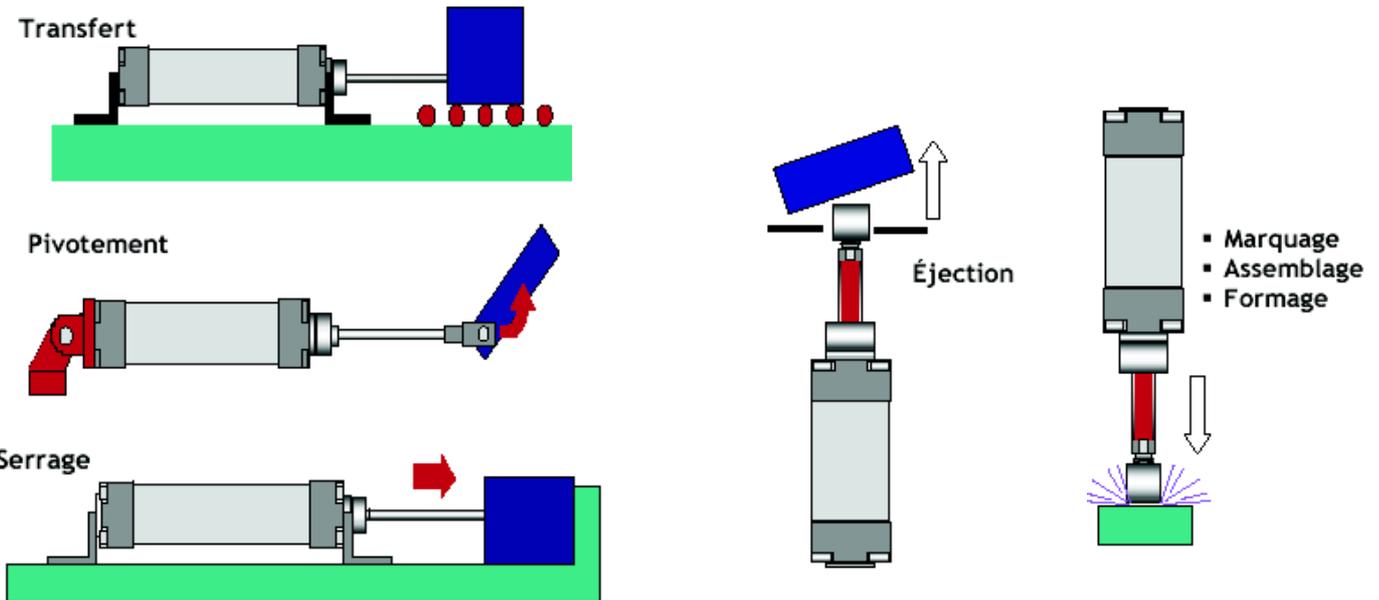
Avec :
 F est l'effort exprimé en newtons (N) ;
 p est la pression en pascal (Pa) ;
 S est la surface en m^2

Exercices

Un vérin ayant un piston de diamètre **D = 8 mm** et alimenté par une pression de **6 bar**.

- 1) Calculer l'effort fournit **F**
- 2) Le vérin utilisé dans le système Portail doit exercer un effort entrant de **15 N** pour ouvrir la porte. Calculer le diamètre maximal **d_{max}** de la tige sachant que le diamètre du piston est **D = 8 mm** et la pression est de **6 bar** ?

III.3.1.3. Exemple d'utilisation des vérins



III.3.1.4. Vérins spéciaux



Vérins sans tige



Vérins rotatifs



Vérins compacts

II.

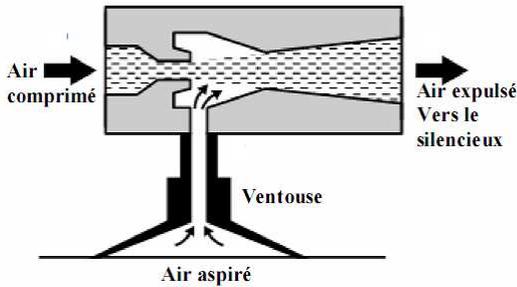
III.3.2. Générateur de vide ou "Venturi"

Le générateur de vide a pour fonction de transformer la pression de l'air comprimé en une pression inférieure à la pression atmosphérique.

Un tuyau branché sur la prise de vide transmet cette dépression à l'effecteur (les ventouses).

Cette dépression permet aux ventouses de saisir les objets à déplacer en les aspirant. Les ventouses plaquent ainsi les objets contre elles

III.3.2.1. Fonctionnement

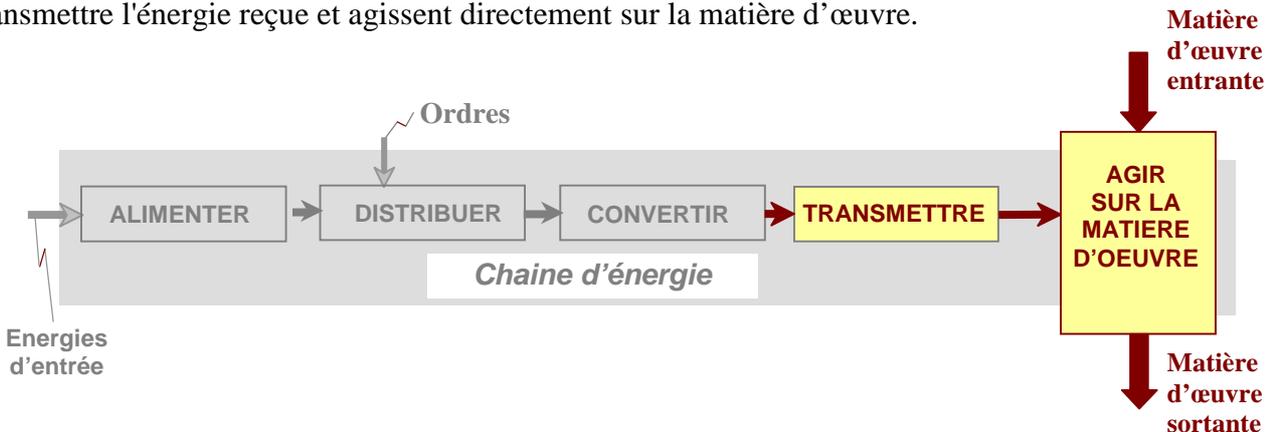


L'air comprimé, en passant rapidement dans le venturi, provoque à cet endroit une dépression et entraîne avec lui l'air présent dans le conduit perpendiculaire. D'où l'aspiration disponible au niveau de la ventouse.

IV. Fonction transmettre et agir

IV.1. Présentation

Les fonctions TRANSMETTRE et AGIR sont généralement réalisées par des mécanismes. Ils sont constitués de pièces reliées entre elles par des *liaisons mécaniques*. Ces mécanismes permettent de transmettre l'énergie reçue et agissent directement sur la matière d'œuvre.



IV.2. Notion de liaison entre les pièces d'un mécanisme

IV.2.1. Degrés de liberté

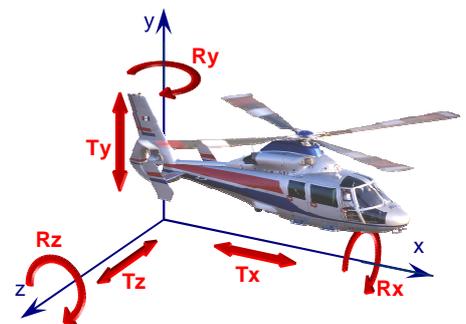
Pour remplir correctement les différentes fonctions techniques d'un mécanisme, ses constituants doivent être assemblés en respectant certaines conditions qui déterminent leurs possibilités de mouvement relatif, c'est à dire leurs degrés de liberté.

Une pièce libre dans tous ses déplacements est une pièce qui n'a aucune liaison avec une autre pièce.

Dans ce cas elle peut se déplacer suivant trois axes et chacun de ses déplacements se fait dans les deux sens.

Cette pièce possède *six degrés de liberté*.

- 3 rotations autour des axes X, Y et Z (notées R_x , R_y , R_z),
- 3 translations le long des axes X, Y et Z (notées T_x , T_y , T_z).

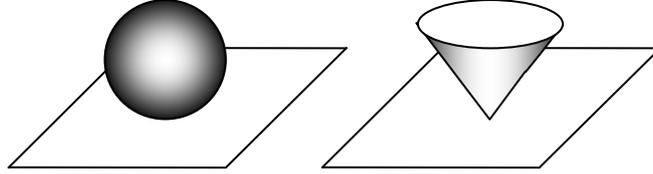


IV.2.2. Liaisons mécaniques

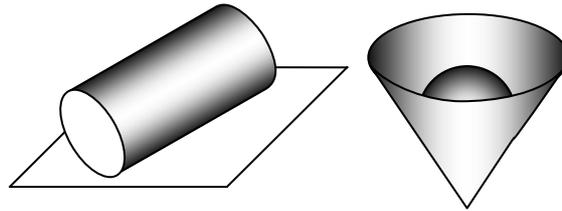
On dit que deux pièces sont en *liaison* si elles sont en *contact* par l'intermédiaire de *surface(s)* ou de *point(s)*.

IV.2.2.1. Nature des contacts

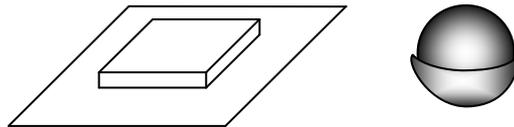
- *Contact ponctuel* : La zone de contact est réduite à un point.



- *Contact linéaire ou linéique* : La zone de contact est réduite à une ligne (pas forcément droite).



- *Contact surfacique* : La zone de contact est une surface (plan, cylindre, sphère...).



IV.2.2.2. Liaisons élémentaires

A partir des trois volumes élémentaires (plan, cylindre, sphère) nous pouvons définir toutes les combinaisons de contact possibles et leurs mouvements relatifs.

	Plan	Cylindre	Sphère																		
Plan	 <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td>T_x</td><td>R_x</td></tr> <tr><td>T_y</td><td>R_y</td></tr> <tr><td>T_z</td><td>R_z</td></tr> </table>	T_x	R_x	T_y	R_y	T_z	R_z	 <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td>T_x</td><td>R_x</td></tr> <tr><td>T_y</td><td>R_y</td></tr> <tr><td>T_z</td><td>R_z</td></tr> </table>	T_x	R_x	T_y	R_y	T_z	R_z	 <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td>T_x</td><td>R_x</td></tr> <tr><td>T_y</td><td>R_y</td></tr> <tr><td>T_z</td><td>R_z</td></tr> </table>	T_x	R_x	T_y	R_y	T_z	R_z
T_x	R_x																				
T_y	R_y																				
T_z	R_z																				
T_x	R_x																				
T_y	R_y																				
T_z	R_z																				
T_x	R_x																				
T_y	R_y																				
T_z	R_z																				
	<i>Appui plan</i>	<i>Linéaire rectiligne</i>	<i>Ponctuelle</i>																		
Cylindre		 <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td>T_x</td><td>R_x</td></tr> <tr><td>T_y</td><td>R_y</td></tr> <tr><td>T_z</td><td>R_z</td></tr> </table>	T_x	R_x	T_y	R_y	T_z	R_z	 <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td>T_x</td><td>R_x</td></tr> <tr><td>T_y</td><td>R_y</td></tr> <tr><td>T_z</td><td>R_z</td></tr> </table>	T_x	R_x	T_y	R_y	T_z	R_z						
T_x		R_x																			
T_y	R_y																				
T_z	R_z																				
T_x	R_x																				
T_y	R_y																				
T_z	R_z																				
		<i>Pivot glissant</i>	<i>Linéaire annulaire</i>																		
Sphère			 <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td>T_x</td><td>R_x</td></tr> <tr><td>T_y</td><td>R_y</td></tr> <tr><td>T_z</td><td>R_z</td></tr> </table>	T_x	R_x	T_y	R_y	T_z	R_z												
T_x	R_x																				
T_y	R_y																				
T_z	R_z																				
			<i>Sphérique ou rotule</i>																		

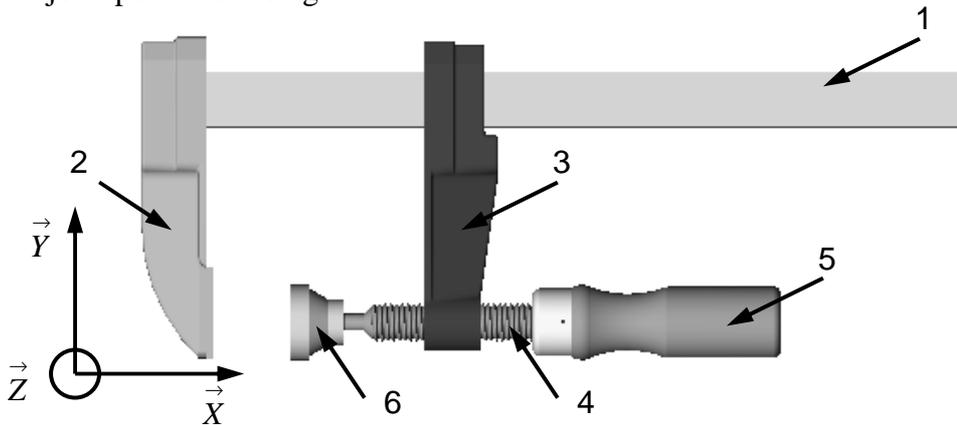
IV.3. Représentation des mécanismes : schéma cinématique

Nom de la liaison	Degrés de liberté	Mouvements relatifs		Symbole		Exemples
				Représentation plane	Perspective	
Encastrement ou Fixe	0	0	Translation			 Pièces assemblées par vis
		0	Rotation			
Pivot	1	0	Translation			
		1	Rotation			
Glissière	1	1	Translation			
		0	Rotation			
Hélicoïdale	1	1	Translation			
		1	Rotation			
		Translation et rotation conjuguées				
Pivot glissant	2	1	Translation			
		1	Rotation			
Sphérique à doigt	2	0	Translation			
		2	Rotation			
Appui plan	3	2	Translation			
		1	Rotation			
Rotule ou sphérique	3	0	Translation			
		3	Rotation			
Linéaire annulaire ou sphère-cylindre	4	1	Translation			
		3	Rotation			
Linéaire rectiligne	4	2	Translation			
		2	Rotation			
Ponctuelle ou Sphère-plan	5	2	Translation			
		3	Rotation			

IV.4. Méthode d'établissement d'un schéma cinétique

Le schéma cinématique modélise les contacts et les mouvements possibles dans un mécanisme.

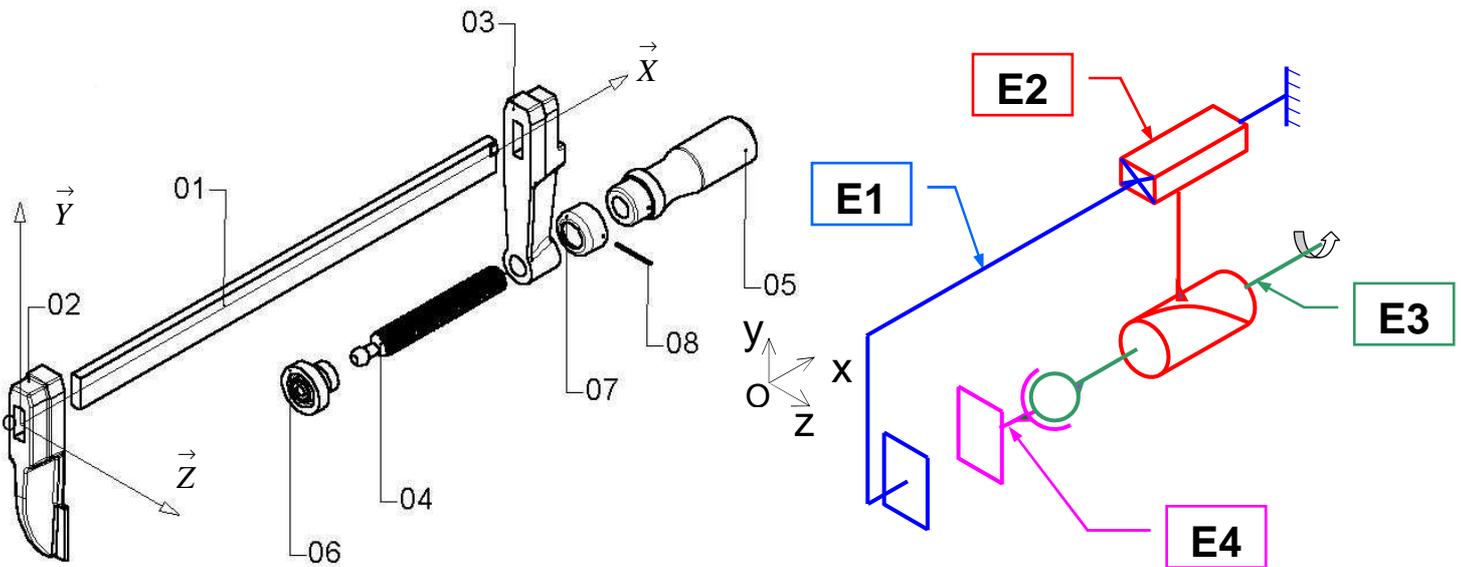
Exemple : Serre joint pour le bricolage



Etape 1 : Identification des classes d'équivalence

Classe d'équivalence : Groupe de pièces n'ayant *aucun mouvement entre elles* : Pièces en liaison fixe.
 Sont **exclus** : Les **pièces déformables** (Joints, ressorts) et les roulements.
 On considérera chaque classe d'équivalence comme **un seul solide indéformable** noté **E**.

- a) Repérer les pièces élastiques à exclusion de toutes classes d'équivalence
- b) Coloriage des classes d'équivalence sur le plan
 Aucune pièce ne doit rester blanche



c) Ecriture des classes d'équivalence en extension :

$$E1 = (1,2) \quad E2 = (3) \quad E3 = (4,5,7,8) \quad E4 = (6)$$

Etape 2 : identification des liaisons entre les classes d'équivalence

A l'aide du schéma cinématique 3D ci-dessus, remplir le tableau ci-dessous :

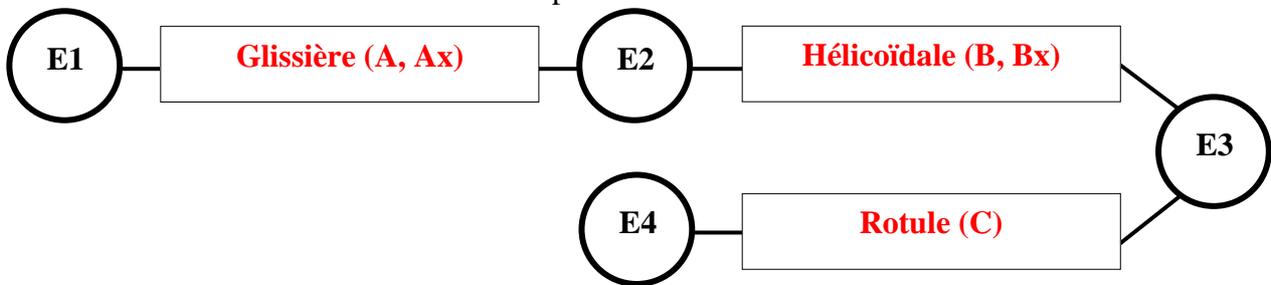
- a) Déterminer la nature du ou des contacts entre les classes d'équivalence cinématique.
 On ne s'intéresse qu'aux contacts permanents entre les pièces lors du fonctionnement considéré du mécanisme.
- b) En déduire les degrés de mobilité entre les « E » (0 ou 1)
- c) Identifier les liaisons mécaniques entre les « E » (nom de la liaison normalisée + centre de la liaison + axe et/ou normale au plan de contact). Remplir le tableau des mobilités.

	Repère de la liaison	Nature des surfaces de contact (cylindrique, plane, ...)	Translation suivant l'axe			Rotation suivant l'axe			Nom, centre et axe de la liaison
			X	Y	Z	X	Y	Z	
Entre E1 et E2	L12	Plan de normale Ay + Plan de normale Az	1	0	0	0	0	0	Glissière (A,Ax)
Entre E2 et E3	L23	Filetage/taraudage d'axe Bx	1	0	0	1	0	0	Hélicoïdale (B,Bx)
Entre E3 et E4	L34	Surface sphérique de centre C	0	0	0	1	1	1	Rotule de centre C

Etape 3 : établissement du graphe des liaisons

Il permet de mettre en évidence les liaisons entre les classes d'équivalence. On y indique pour chaque liaison :

- Le nom de la liaison mécanique
- Le centre de la liaison mécanique
- L'axe de la liaison et/ou la normale au plan de contact.



Etape 4 : établissement du schéma cinématique minimal

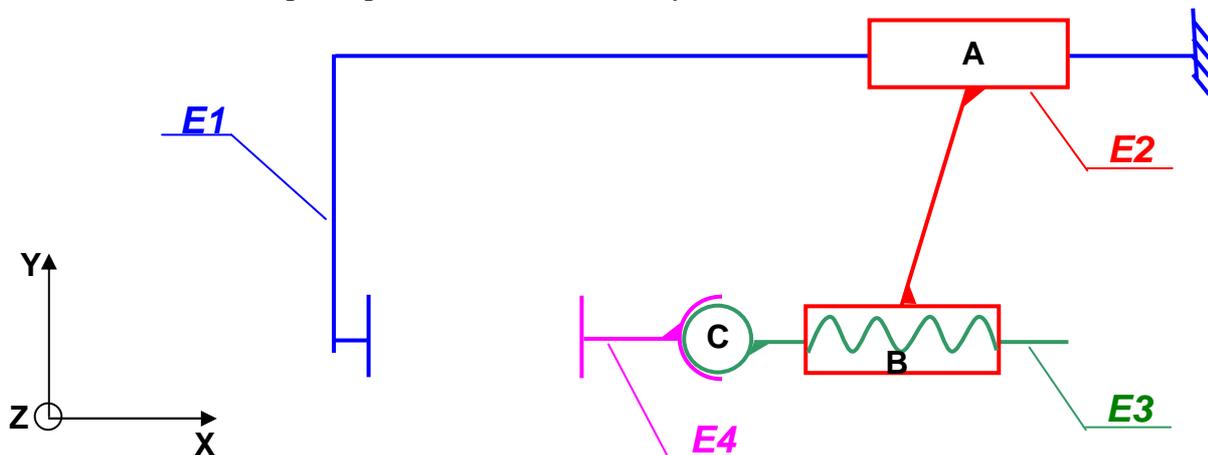
Schéma : Parce qu'il sert à expliquer ou comprendre le *fonctionnement du mécanisme*.

Cinématique : Parce qu'il représente *les mouvements possibles* entre les pièces.

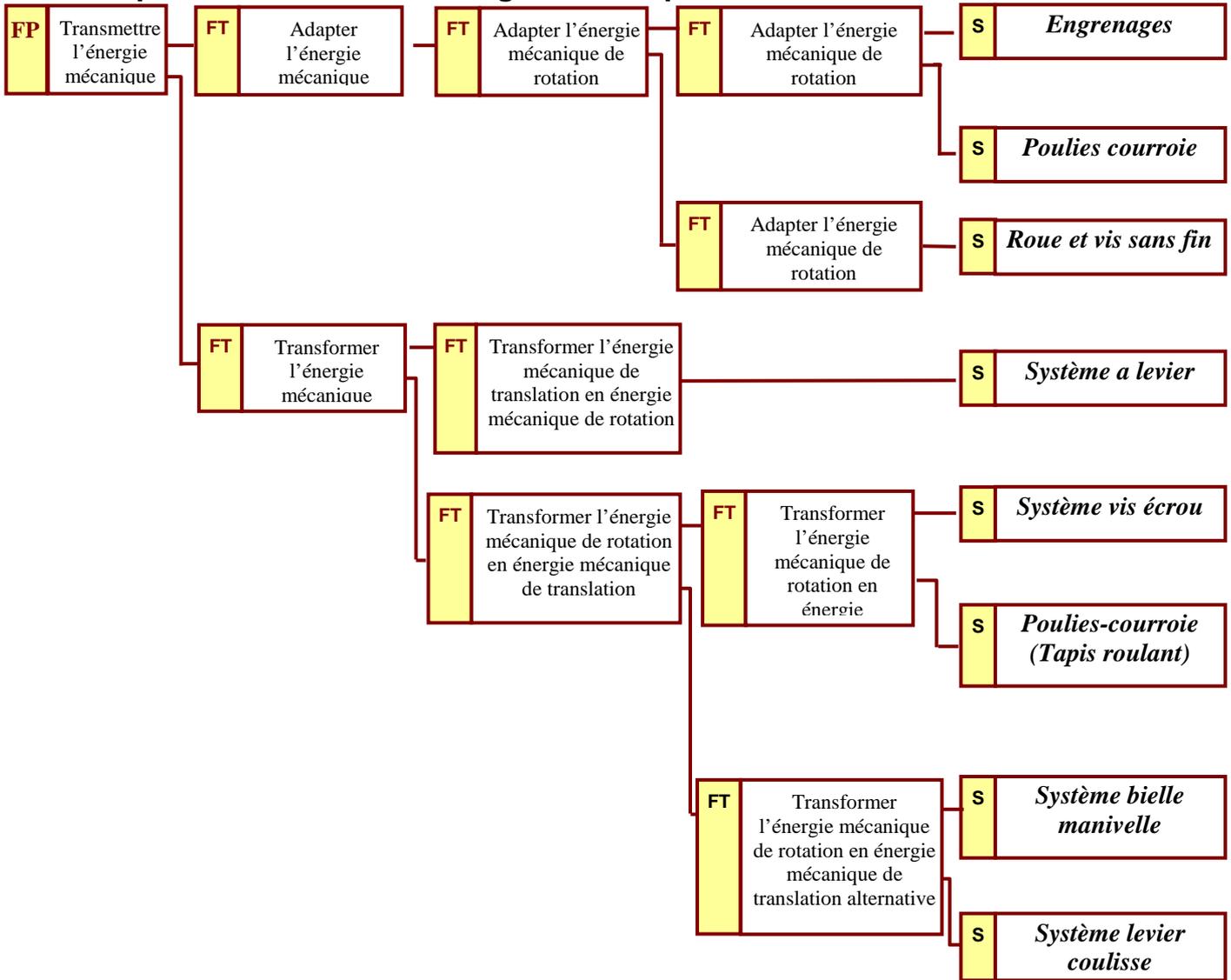
Minimal : Car il est constitué de classes d'équivalence. Le nombre de solides représenté est donc minimal, ainsi que le nombre de liaisons entre solides.

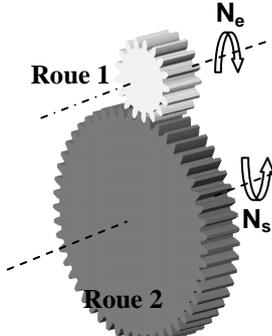
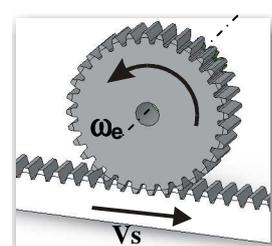
Principe :

- Les traits reliant les liaisons doivent faire apparaître la silhouette générale des pièces du dessin. Le schéma représente le dessin d'ensemble du mécanisme. Il doit donc y ressembler.
- Il est élaboré **avec les couleurs** des classes d'équivalence en utilisant la représentation normalisée des liaisons (toutes les classes d'équivalence ont la même épaisseur de traits).
- La pièce immobile par rapport à la terre (ou s'il n'y en a pas, celle qui sert de référence par rapport aux autres), sera repérée par des hachures ou le symbole

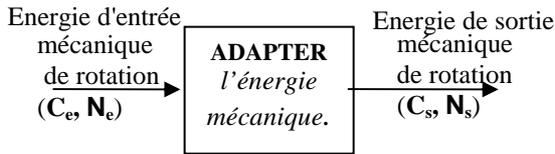


IV.5.Adapter et transformer l'énergie mécanique



<h4 style="background-color: #ffff00; display: inline-block; padding: 2px;">Engrenages</h4> <p>Energie d'entrée mécanique de rotation (C_e, N_e) → ADAPTER l'énergie mécanique. → Energie de sortie mécanique de rotation (C_s, N_s)</p> <p>Dans ce mécanisme, si l'entrée se fait par la roue 1, il y a réduction de vitesse avec un <u>Rapport de réduction k</u> :</p> <p>La loi d'entrée-sortie du mécanisme s'écrit :</p> $N_s = k \times N_e$ <p>Avec $k = Z_e / Z_s$ On note : N = vitesse de rotation en tr/min (ou ω en rad/s) Z = nombre de dents des pignons (ou roue dentée)</p> 	<h4 style="background-color: #ffff00; display: inline-block; padding: 2px;">Pignon-crémaillère</h4> <p>Energie d'entrée mécanique de rotation (C_e, N_e) → TRANSFORMER l'énergie mécanique. → Energie de sortie mécanique de translation (F_s, V_s)</p> <p>Dans ce mécanisme, la rotation du pignon entraîne le déplacement de la crémaillère (et inversement) :</p> <p>La loi d'entrée-sortie du mécanisme s'écrit :</p> $V_s = \omega \times R$ <p>Avec V_s = vitesse de translation en m/s ω = vitesse de rotation en rad/s R = rayon primitif du pignon en m $(= Z \times m)$ Z = nombre de dents du pignon m = module du pignon (donné)</p> 
---	--

Poulies-courroie (avec diamètres différents)



Dans ce mécanisme, si l'entrée se fait par la **poulie 1**, il y a réduction de vitesse avec un Rapport de réduction k :

La loi d'entrée-sortie du mé

$$N_s = k \times N_e$$

Avec

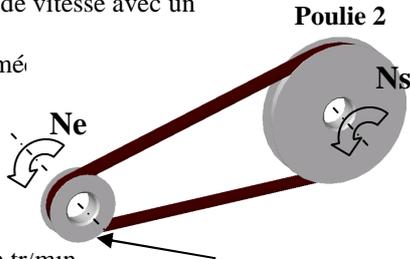
$$k = N_s / N_e = D_e / D_s$$

On note :

N = vitesse de rotation en tr/min

(Ou ω en rad/s)

D = diamètre des poulies en m



Poulies-courroie (avec diamètres identiques)



Dans ce mécanisme, la rotation du pignon entraîne le déplacement de la crémaillère (et inversement) :

La loi d'entrée-sortie du mécanisme s'écrit :

$$V_s = \omega \times R$$

(avec $\omega = 2\pi N / 60$)

Avec

V_s = vitesse de translation en m / s

ω_e = vitesse de rotation en rad/s

R = rayon des poulies en m

