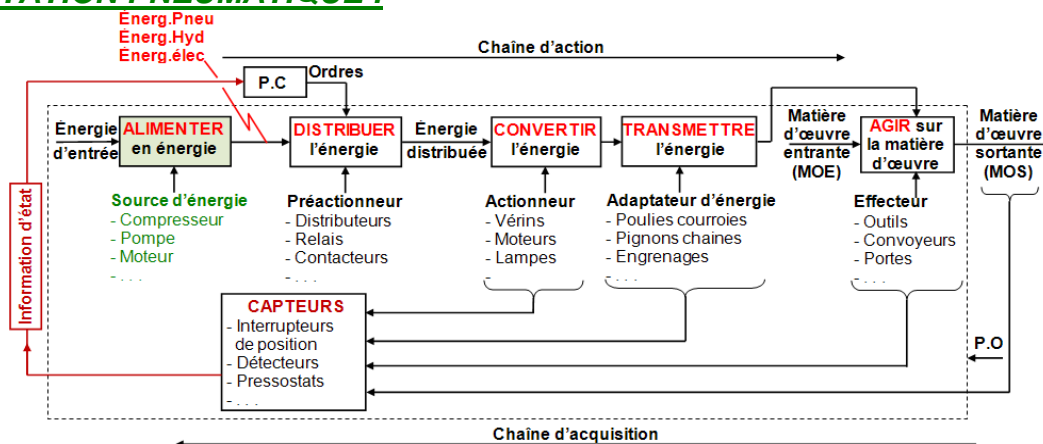
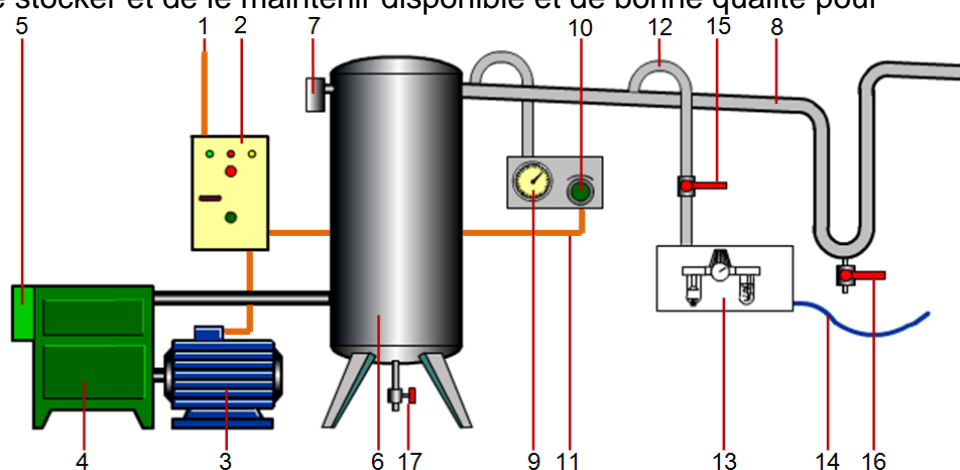


**C.2- ALIMENTATION PNEUMATIQUE :**

Cas général d'alimentation



La production de l'air comprimé nécessite l'installation d'une centrale chargée de comprimer l'air mais aussi de le stocker et de le maintenir disponible et de bonne qualité pour les équipements.



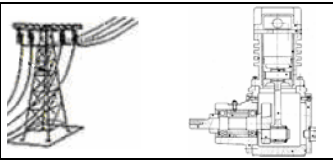
La production de l'air comprimé (l'énergie pneumatique) s'effectue par aspiration et compression de l'air extérieur. L'**actionneur** réalisant cette valeur ajoutée est le **compresseur**.

Afin d'éviter de faire fonctionner le moteur en continu, un réservoir, calibré en volume en fonction de la consommation de l'installation, y est installé. Le **pressostat** est le **capteur** qui permet d'enclencher ou de déclencher le contacteur moteur en fonction des seuils min. et max. de pression désirés. La distribution est réalisée par des canalisations et différents piquages servant de point d'accès à ce réseau pneumatique. Un groupe de conditionnement y est installé afin de filtrer et de lubrifier cet air comprimé. La pression de l'installation est souvent comprise entre 0,6 et 1 MPa (6 à 10 bars).

L'énergie pneumatique peut aussi s'avérer être l'unique source d'alimentation dans certains milieux où l'électricité représenterait un danger, tels que les salles de production de matières explosives.

Rep	Désignation	Fonction
1	Alimentation électrique	Alimenter le moteur (220 V ou 380 V).
2	Armoire électrique de commande	Chargée de commander le moteur en fonction des consignes de l'utilisateur et des informations fournies par le pressostat.
3	Moteur électrique <b>Fig.1</b>	Chargé d'entraîner le compresseur.
4	Compresseur <b>Fig.2</b>	Augmenter la pression de l'air lorsqu'il est entraîné par le moteur.
5	Filtre d'aspiration	Chargé d'empêcher l'aspiration des poussières et particules en suspension lorsque le compresseur fonctionne.
6	Réservoir	Permet de stocker l'air comprimé par le compresseur pour ménager des temps d'arrêt et uniformiser le débit d'air en aval de l'installation.
7	Soupape de sûreté	Doit s'ouvrir lorsque la pression dans le réservoir dépasse la pression admissible.

CHAÎNE D'ÉNERGIE : FONCTION GÉNÉRIQUE ALIMENTER EN ÉNERGIE



8	Canalisation principale	Permet d'alimenter les piquages de l'installation. Elle suit une légère pente (1 à 3%) afin que la condensation s'écoule vers un coude qui comporte un réservoir et une purge.
9	Manomètre <b>Fig.3</b>	Permet de mesurer la pression relative à l'intérieur du réservoir.
10	Pressostat	Permet de définir la pression souhaitée dans le réservoir et de commander la mise en marche ou à l'arrêt du moteur.
11	Information du pressostat	Consigne électrique de mise en marche ou à l'arrêt du moteur.
12	Piquage	Permet d'alimenter les unités pneumatiques. Il est situé au dessus de la canalisation pour éviter la condensation.
13	Groupe de conditionnement <b>Fig.4</b>	Chaque unité pneumatique (machine, système..) relié au réseau de distribution possède son propre groupe de conditionnement de l'aire chargé de le <b>Filtrer</b> , <b>Lubrifier</b> et de <b>Régler</b> la pression.
14	Tuyau d'alimentation	L'unité pneumatique situé en amont est alimenté en air comprimé délivré par le groupe de conditionnement. Le diamètre du tuyau dépend du débit attendu.
15	Vanne d'isolement <b>Fig.5</b>	Permet d'isoler l'installation de la distribution générale d'énergie pneumatique.
16	Purge	Chaque point bas de l'installation est équipé d'un réservoir pour récolter la condensation et d'une purge.
17	Purge du réservoir	L'air comprimé contient de la vapeur d'eau qui finit par se condenser dans le réservoir. Il convient de le purger régulièrement.

CHAÎNE D'ÉNERGIE : FONCTION GÉNÉRIQUE ALIMENTER EN ÉNERGIE

**Photo et Schéma des figures**

<b>Fig.1</b>	<b>Fig.2</b>	<b>Fig.3</b>	<b>Fig.4</b>	<b>Fig.5</b>

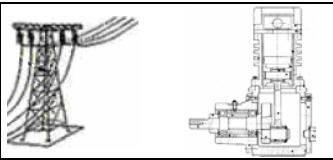
**Remarque :**

Le groupe de conditionnement (**Fig.4**) contient 4 éléments essentiels, un :

- ✓ Filtre (**F**) qui retient les plus fines particules contenues dans l'air ;

<b>Filtre</b>	<b>Filtre avec séparateur de condensats</b>	<b>Filtre avec séparateur de condensats à vidange automatique</b>

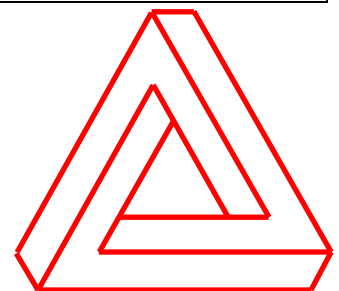
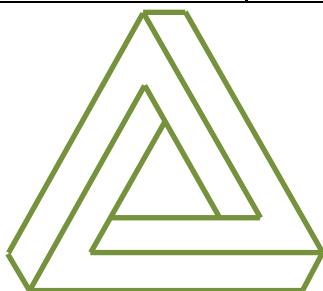
- ✓ Régulateur (**D**) qui abaisse et maintient la pression à la valeur pré réglée ;
  - ✓ Manomètre (**M**) qui indique la valeur de pression disponible ;
  - ✓ Lubrificateur (**L**) qui diffuse de fines particules d'huile pour améliorer la longévité des actionneurs.
- Avant ce groupe, il y a un organe de séparation : la vanne (**V**) de sectionnement (isolement) ;



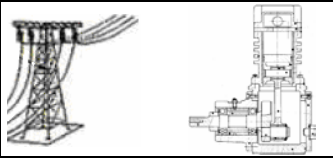
**Accessoires de la transmission pneumatique / hydraulique :**

Conduite d'alimentation, de travail et de retour		_____
Conduite de pilotage		-----
Conduite d'évacuation des fuites		-----
Encadrement de plusieurs appareils réunis dans un seul bloc		-----
Liaison mécanique		=====
(1) Croisement des conduites		
(2) Raccordement des conduites		
	Sources de pression (1) pneumatique (2) hydraulique (3) ancien symbole	 (1) (2)
	Clapet de non-retour (1) non taré (2) taré	 (1) (2)
	Limiteur de débit (1) non réglable (2) réglable	 (1) (2)
	Orifices d'évacuation (1) non connectable (2) connectable	 (1) (2)
	Clapet de non-retour avec étranglement	 (1) (2)
	(1) Diviseur de débit (2) Sélecteur de circuit	 (1) (2)
	Robinet	 (1) (2)
	Filtre	 (1) (2)
	(1) Moteur électrique (2) Moteur thermique	 (1) (2) (3)
	(1) Manomètre (2) Débitmètre	 (1) (2)
	Lubrificateur	 (1) (2)

CHAÎNE D'ÉNERGIE : FONCTION GÉNÉRIQUE ALIMENTER EN ÉNERGIE

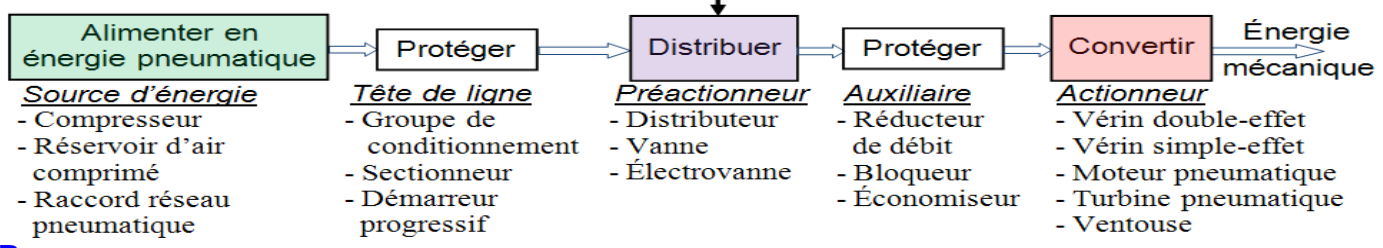






**C.21- Circuit pneumatique :**

Ordre de la chaîne d'information ↓



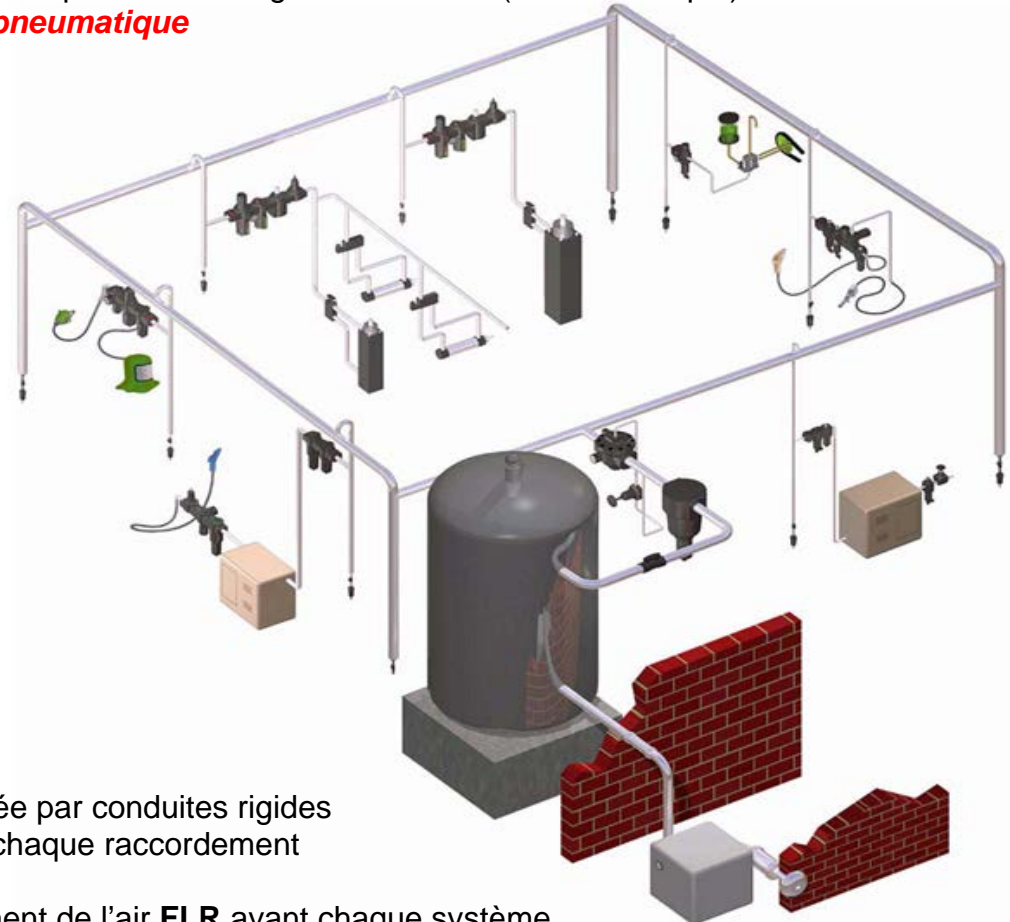
**Remarque :**

- Les grandeurs physique qui caractérisent le flux d'énergie pneumatique (ou hydraulique) jusqu'au actionneur sont : - le débit volumique  $q_v$  en mètre cube par seconde ( $m^3/s$ ) ;  
- la pression  $P$  en Pascal (Pa).

On définit alors la puissance pneumatique  $\mathcal{P}$  en watt par :  **$\mathcal{P} = q_v \cdot P$**

- Un réglage du **débit** aura un effet sur la **vitesse** (linéaire ou angulaire) ;
- Un réglage de la **pression** permette d'augmenter l'**effort** (force ou couple) en sortie.

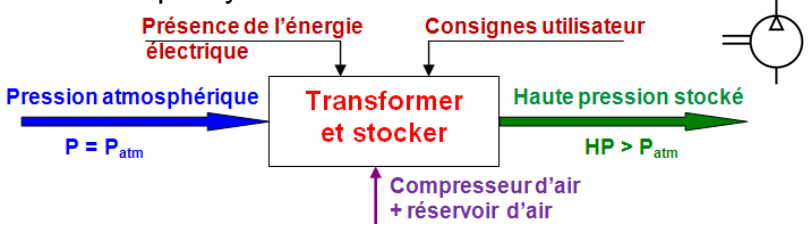
**Distribution d'énergie pneumatique**



- Distribution décentralisée par conduites rigides
- Purge au point bas de chaque raccordement
- Prise d'air de sécurité
- Unités de conditionnement de l'air **FLR** avant chaque système

**C.22- Étude d'un compresseur :**

Le compresseur permet de **compresser** l'air et le **refouler** dans un réservoir.

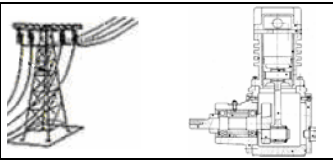


Deux principes différents sont utilisés :

**Compresseurs volumétriques**

Une quantité d'air est enfermée dans une enceinte dont le volume est diminué pour augmenter la pression. On distingue les compresseurs alternatifs à piston ou à membrane et les compresseurs à piston rotatif (multicellulaires à palettes ou hélicoïdaux). Ces compresseurs permettent avec un débit moyen.

CHAÎNE D'ÉNERGIE : FONCTION GÉNÉRIQUE ALIMENTER EN ÉNERGIE



**a- Compresseurs volumétriques alternatifs :**

C'est le type de compresseur le plus répandu. Un moteur entraîne un système bielle-manivelle qui actionne un piston. Il est caractérisé par : - écoulement discontinu de l'air comprimé (un temps/2) - permettent d'obtenir de fortes pressions.

◆ **Compresseur à un cylindre** ( $P_{\text{utilisation}} \leq 8$  bars)

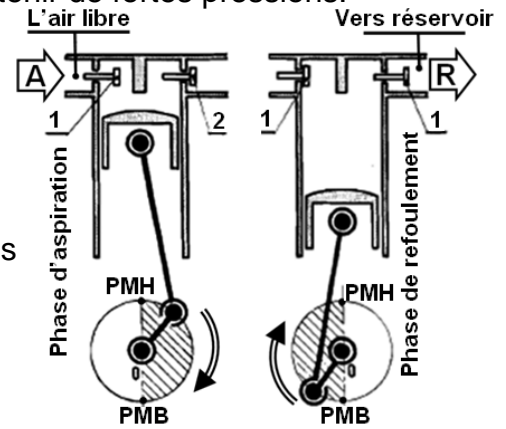
➤ **Aspiration :**

Le piston descend ; il se crée une dépression dans le cylindre, le clapet 1 s'ouvre. La pression dans le réservoir ferme le clapet 2. L'air pénètre dans le cylindre.

➤ **Compression + Refoulement :**

Le piston remonte ; le clapet (1) se ferme. L'air enfermé dans le cylindre est comprimé et refoulé vers le réservoir par le clapet (2) qui s'ouvre tant que la pression dans le cylindre est supérieure à celle du réservoir.

**PMH : Point Mort Haut ; PMB : Point Mort Bas.**

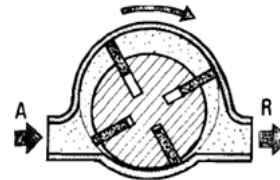


**b- Compresseurs volumétriques rotatifs :**

Caractéristique : écoulement continu de l'air comprimé.

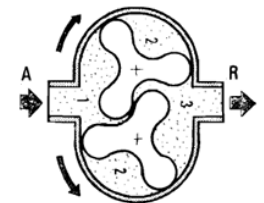
◆ **Compresseur à palettes**

(Débit élevé pression d'utilisation faible) ( $P_{\text{utilisation}} \leq 4$  bars)  
Fonctionnement analogue à celui d'une pompe à palettes.



◆ **Compresseur à engrenages**

(Débit élevé pression d'utilisation très faible) ( $P_{\text{utilisation}} \leq 2$  bars)  
Fonctionnement analogue à celui d'une pompe à engrenages.



**c- Refroidissement :**

La compression de l'air provoque un échauffement important. Le refroidissement du corps du compresseur est obtenu par : - **Par air** : avec des ailettes autour des cylindres.

C'est le cas en général, pour les petits compresseurs.

- **Par eau** : en établissant un circuit de refroidissement autour des cylindres. (Analogue à celui des moteurs d'automobiles).

**d- Caractéristiques fonctionnelles :**

Le fluide à comprimer est très souvent de l'air aspiré dans l'atmosphère, dans le cas d'autres fluides compressibles, ils sont en général recyclés en circuit fermé, notamment pour des gaz toxiques ou corrosifs.

La pression d'utilisation est en général assez faible, de 6 à 10 bars.

Par contre, le débit peut être important, de 1 m<sup>3</sup>/h à 2.10<sup>5</sup> m<sup>3</sup>/h

**Remarque :**

Le débit d'air est exprimé dans les conditions normales de température et de pression :

t = 20 °C ; P<sub>atm</sub> = 1013 hPa ≈ 10<sup>5</sup> Pa ; 65% d'humidité

$$\text{taux de compression} = \frac{P_{\text{refoulement}}}{P_{\text{admission}}}$$

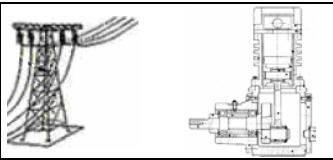
**C.23- Caractéristiques de l'énergie pneumatique :**

- ☐ **Disponibilité** : l'air est partout présent en quantités illimitées.
- ☐ **Transport** : l'air comprimé peut être facilement transporté à l'aide de canalisations.
- ☐ **Stockage** : l'air peut être emmagasiné dans des cuves et prélevé à la demande.
- ☐ **Antidéflagrant et ininflammable** : aucun risque d'explosion.
- ☐ **Propreté** : aucun risque de pollution, inutile de prévoir des canalisations de retour.
- ☐ **Vitesse** : l'air comprimé s'écoule très rapidement (vitesse habituelle des vérins 2 m/s).
- ☐ **Tolérance à la surcharge** : en cas de surcharge, les équipements pneumatiques fonctionnent jusqu'à l'arrêt sans risque de rupture ou détérioration.

**C.24- Inconvénients de l'énergie pneumatique :**

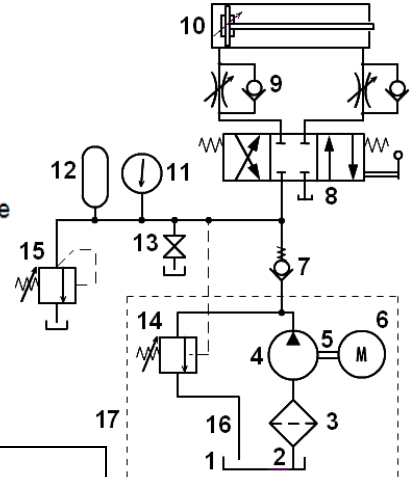
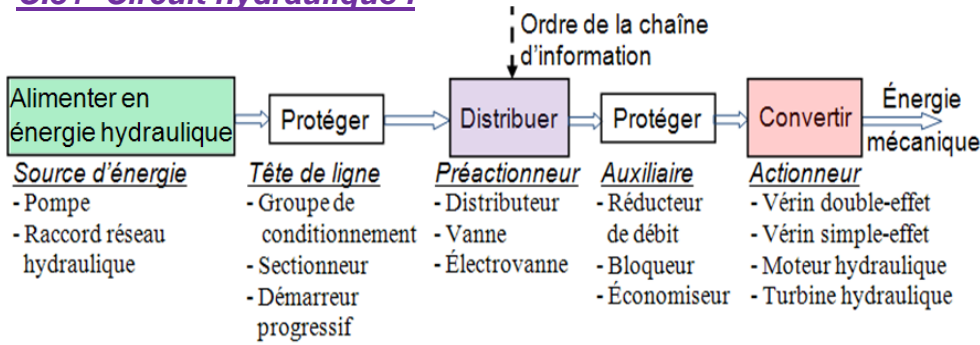
- ☐ **Traitement** : obtenu à partir de l'air ambiant, l'air comprimé doit être purifié et séché pour éviter l'usure des équipements.
- ☐ **Compressibilité** : l'air étant, par nature, compressible, on ne peut obtenir facilement des vitesses de piston régulières.
- ☐ **Pression limitée** : la compression de l'air n'est économiquement rentable que jusqu'à une pression de 6 à 8 bars. Au-delà, le coût serait prohibitif en raison du faible rendement de production dû à la perte d'énergie par dégagement de chaleur.
- ☐ **Bruit** : les échappements d'air sont bruyants et imposent l'installation de silencieux.
- ☐ **Coût** : la production et le traitement de l'air comprimé restent d'un coût assez élevé.

CHAÎNE D'ÉNERGIE : FONCTION GÉNÉRIQUE ALIMENTER EN ÉNERGIE

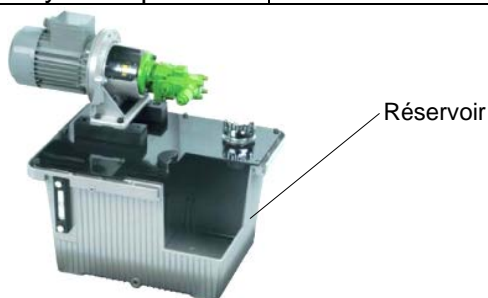


**C.3- ALIMENTATION HYDRAULIQUE :**

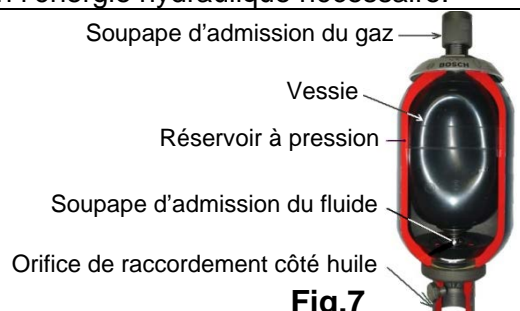
**C.31- Circuit hydraulique :**



Rep	Désignation	Fonction
1	Réservoir Fig.6	- Contenir la quantité de fluide nécessaire à l'alimentation du circuit ; - Permettre aux impuretés de se déposer au fond ; - Faciliter la dissipation de chaleur ; - Informer l'opérateur du niveau et de l'état de l'huile ; - Assurer la séparation de l'air emprisonné dans le fluide avant que celui-ci n'arrive à l'entrée de la pompe (dégazage).
2	Conduite d'alimentation	Permet d'alimenter le groupe hydraulique.
3	Filtre	Garder la qualité du fluide qui transmet l'énergie.
4	Pompe à un sens de flux	Transforme l'énergie mécanique en énergie hydraulique.
5	Liaison mécanique	Permet d'accoupler l'arbre moteur à l'arbre récepteur.
6	Moteur électrique	Transforme l'énergie électrique en énergie mécanique.
7	Clapet de non retour taré	Permet le passage du fluide dans un seul sens.
8	Distributeur 4/3	Assurer l'ouverture ou la fermeture d'une ou plusieurs voies de passage au fluide.
9	Régulateur de débit	Permet de réduire (réglable) le débit dans un sens et de laisser le débit maximum dans l'autre sens.
10	Vérin double effet	Transforme l'énergie hydraulique en énergie mécanique.
11	Manomètre	Permet de mesurer la pression relative à la sortie de la pompe
12	Accumulateur Fig.7	Permet de restituer de l'énergie ou une pression dans le circuit lors d'un appel brutal de puissance importante ou pour compenser des pertes dues à des fuites.
13	Vanne	Permet de couper complètement (ou de laisser) le passage du fluide dans les deux sens. Ici, ce robinet permet le décharge de l'accumulateur et de décharger le circuit de toute pression.
14	Limiteur de pression	Limiter la pression de fonctionnement dans l'ensemble d'un système hydraulique pour protéger la pompe, les appareils et les tuyauteries contre toutes surpressions dangereuses. C'est le premier appareil du circuit après la pompe hydraulique.
15	Limiteur de pression	Limiter aussi la pression dans une branche du système pouvant se trouver isolée. (Protection de l'accumulateur et du circuit en cas de surpression)
16	Conduite d'évacuation	Permet le retour du fluide en cas du circuit fermer.
17	Groupe hydraulique	Permet de fournir à l'installation l'énergie hydraulique nécessaire.

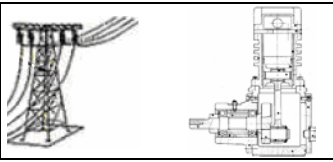


**Fig.6**

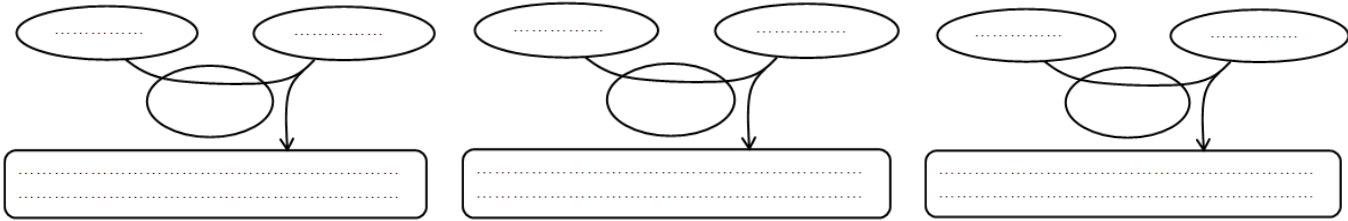


**Fig.7**





Énoncer le besoin d'un vérin ; d'un distributeur et d'un moteur électrique ?

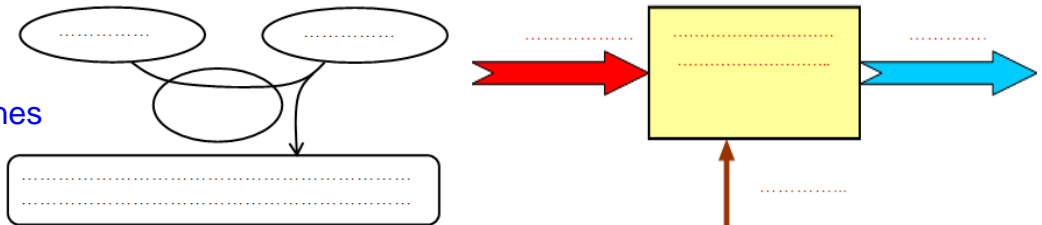


**C32- Étude des pompes :**

**a- Fonction d'une pompe :**

Appareil destiné à transformer l'énergie mécanique en énergie hydraulique en fournissant un débit. En pratique, il s'agit souvent d'augmenter la pression du fluide. Cette transformation s'effectue en deux temps : - Aspiration (eau, huile... dans un réservoir); - Refoulement.

"Compléter les deux outils de l'analyse fonctionnelle bête à cornes et SADT"

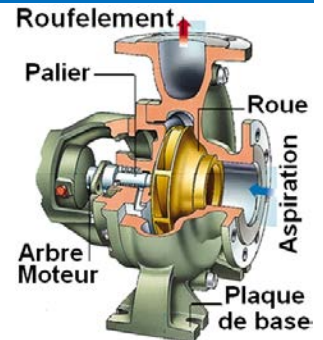


**b- Classification :**

**b.1- Pompes volumétriques :**

- ◆ Pompes alternatives :
  - Pompes à piston ;
  - Pompes à pistons en ligne ;
  - Pompes à membrane.
- ◆ Pompes rotatives :
  - Pompes à engrenages ;
  - Pompes à palettes ;
  - Pompes à vis ;
  - Pompes à pistons (axiaux ou radiaux).

**b.2- Pompes centrifuges :**



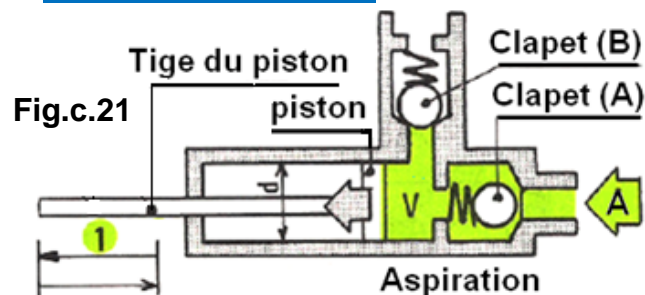
**c- Pompes alternative :**

Caractéristique : l'écoulement du fluide est discontinu (un temps sur deux).

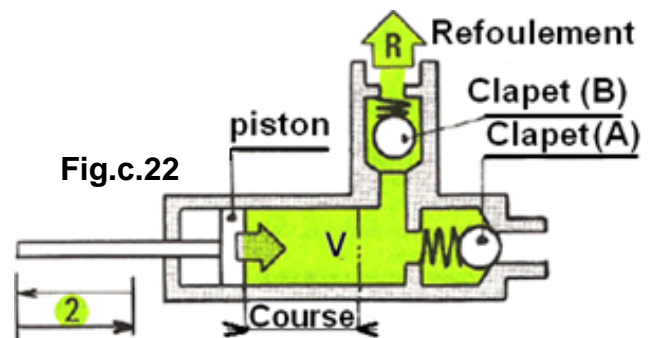
**c.1- Pompe à piston :**

Les pistons sont animés d'un mouvement rectiligne alternatif ; ce mouvement est communiqué par un système de transformation de mouvement (bielle-manivelle ; excentrique ; came ; ...).

**c.2- Fonctionnement :**



**Phase d'aspiration :** Le piston se déplace dans le sens (1). Le volume (v) augmente, il se produit une dépression ; le clapet (A) s'ouvre ; le clapet (B) se ferme.



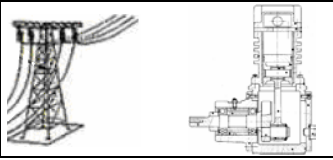
**Phase de refoulement :** Le piston se déplace dans le sens (2). Le volume (v) diminue. Le fluide est comprimé ; le clapet (A) se ferme ; le clapet (B) s'ouvre.

◆ Quelle est la cylindrée par tour de cette pompe ?

**Cylindrée = volume = Course .Section**

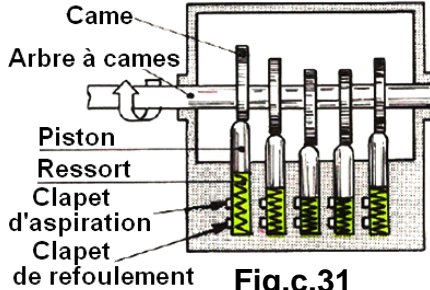
◆ Sachant que la pompe effectue "n" cycles par mn, la pompe a un **Débit = Cylindrée. n<sub>cycles</sub>**

CHAÎNE D'ÉNERGIE : FONCTION GÉNÉRIQUE ALIMENTER EN ÉNERGIE

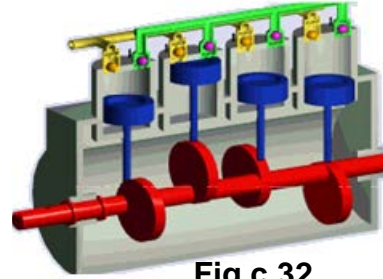


**c.3- Pompes à pistons en ligne :**

En cours de rotation, un arbre à cames enfonce successivement plusieurs pistons qui reviennent ensuite à leur position initiale au moyen de ressorts. L'effet de pompage est obtenu grâce à des clapets d'aspiration et de refoulement placés sur chaque cylindre. L'ajustage des pistons dans chaque cylindre doit être extrêmement soigné.



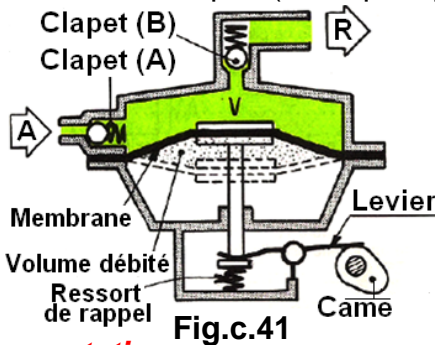
**Fig.c.31**



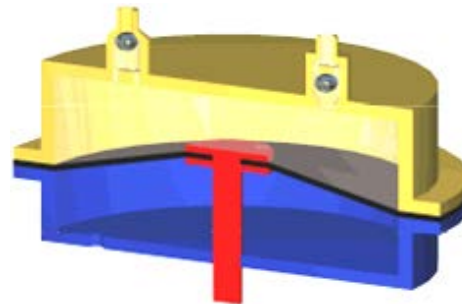
**Fig.c.32**

**c.4- Pompes à membrane :**

Caractéristique : débit faible, mais régulier. La variation du volume est obtenue par déformation d'une membrane élastique. (Exemple : pompe à essence)



**Fig.c.41**



**Fig.c.42**

**d- Pompes rotative :**

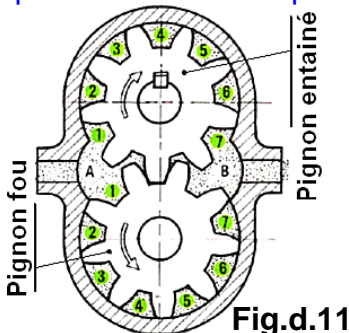
La variation du volume est obtenue par la rotation d'un rotor dans le corps de pompe, le mouvement est circulaire continu. Caractéristique : l'écoulement du fluide est continu.

**d.1- Pompe à engrenages :**

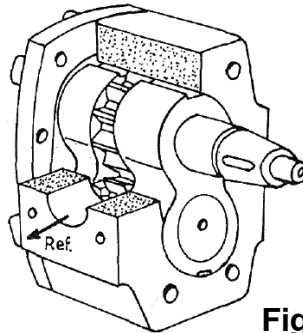
Deux roues s'engrènent à l'intérieur d'un stator. L'une des roues est engrenée par un moteur. Le fluide transporté dans les creux des dents, est transféré de l'admission à la pression  $P_{adm}$  au refoulement à la pression  $P_{ref}$  (avec  $P_{adm} < P_{ref}$ ).

Les engrenages peuvent être intérieurs ou extérieurs.

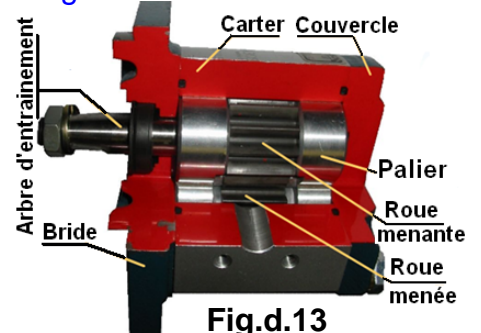
Indiquer les orifices d'aspiration et les orifices de refoulement sur les Figures d1 et e1.



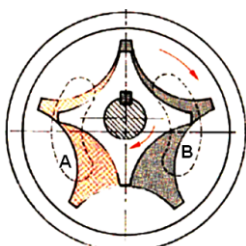
**Fig.d.11**



**Fig.d.12**



**Fig.d.13**



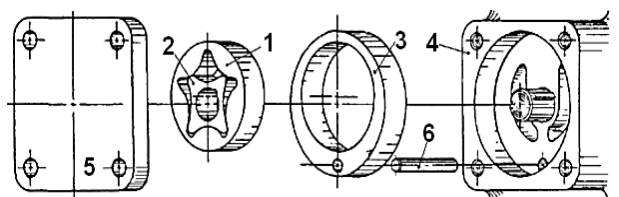
**Fig.d.14**



**Fig.d.15**



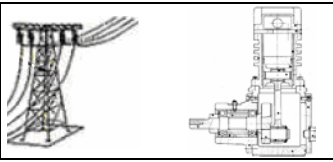
**Fig.d.16**



**Fig.d.17**

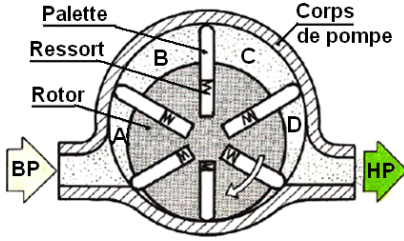
CHAÎNE D'ÉNERGIE : FONCTION GÉNÉRIQUE ALIMENTER EN ÉNERGIE





**d.2- Pompes à palettes :**

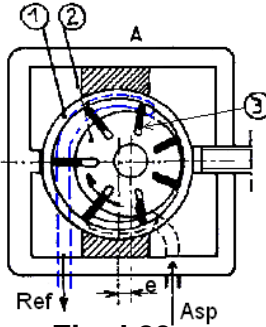
La rotation du rotor détermine la variation du volume compris entre deux palettes, le rotor et le corps ; d'où l'aspiration d'un coté et refoulement de l'autre. On peut faire varier la cylindrée en modifiant l'excentration  $e$ .



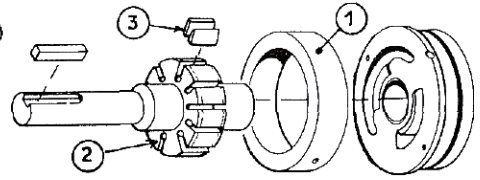
**Fig.d.21**



**Fig.d.22**



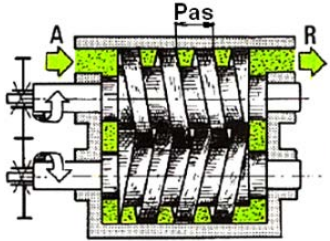
**Fig.d.23**



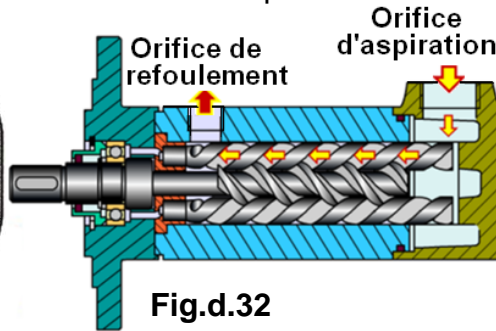
**Fig.d.24**

**d.3- Pompes à vis :**

Le liquide enfermé dans le creux des filets est véhiculé parallèlement aux axes des vis. A chaque tour des vis, le déplacement est de un pas. Le fonctionnement est analogue à celui d'une vis d'Archimède.



**Fig.d.31**



**Fig.d.32**

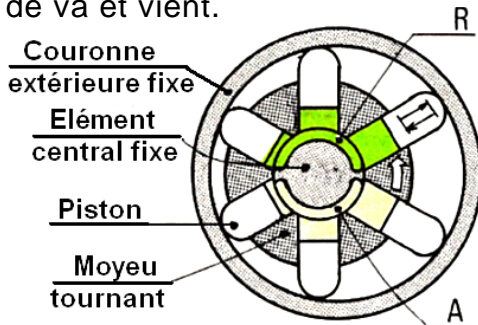


**Fig.d.33**

**d.4- Pompe à Pistons :**

**d.41- Pompe radiale à pistons :**

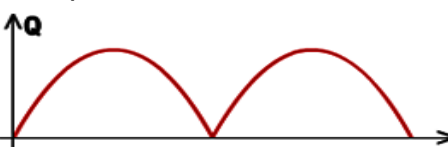
La force centrifuge applique les pistons contre la couronne extérieure fixe excentrée par rapport au moyeu et à l'élément central fixe. En tournant, le moyeu imprime aux pistons un mouvement de va et vient.



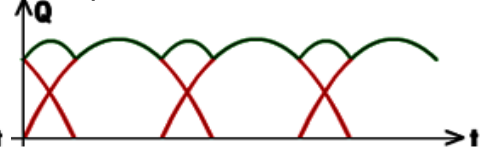
**Fig.d.41**

**Pulsation d'une pompe radiale**

♦ À piston à 2 éléments



♦ À piston à 3 éléments

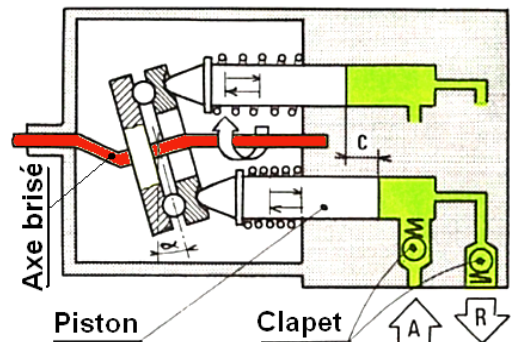


A : L'orifice d'aspiration ; R : L'orifice de refoulement.

**d.42- Pompe axiale à pistons (à barillet) :**

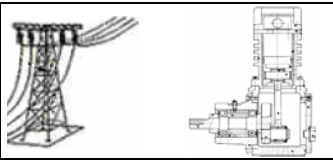
**Cylindrée constante : Angle  $\alpha$  constant**

Le mouvement de va-et-vient des pistons est obtenu par la rotation d'un plateau à axe brisé. Dans chaque cylindre des clapets communiquent, soit avec l'orifice d'aspiration, soit avec l'orifice de refoulement.



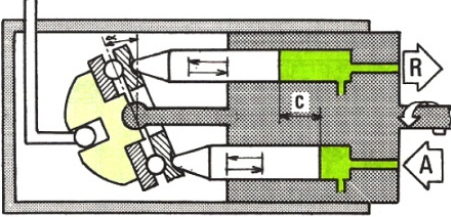
**Fig.d.421**

CHAÎNE D'ÉNERGIE : FONCTION GÉNÉRIQUE ALIMENTER EN ÉNERGIE



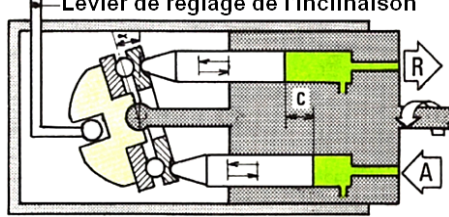
❑ **Cylindrée variable** : Angle  $\alpha$  est variable

◆ Débit important :  $\propto$  Maxi



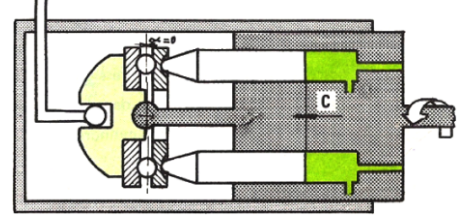
**Fig.d.422**

◆ Débit moyen :  $\propto$  intermédiaire



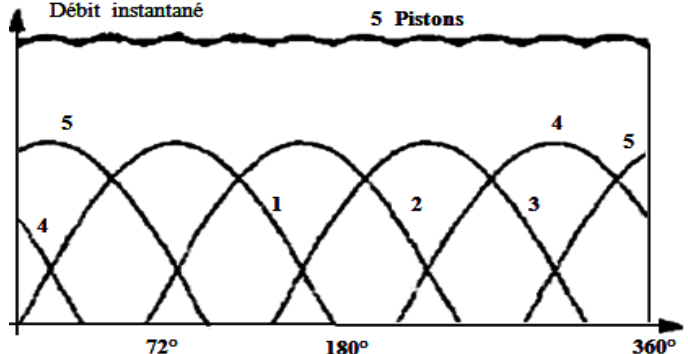
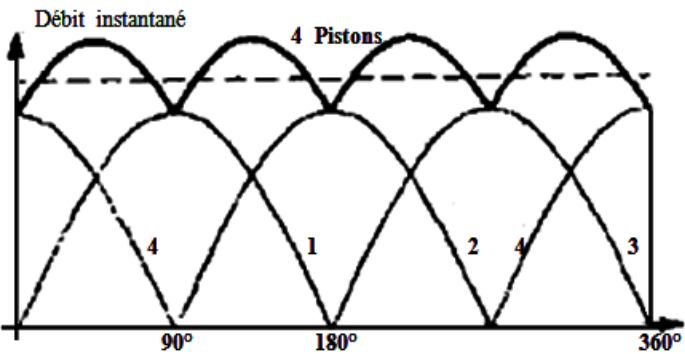
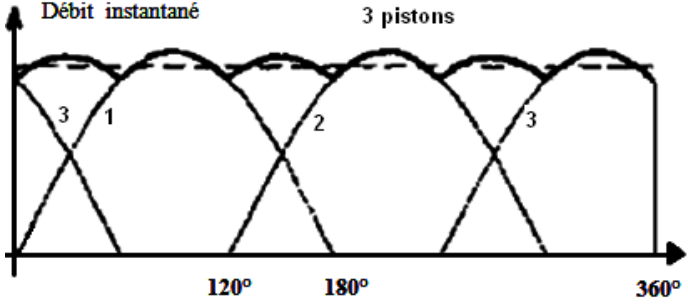
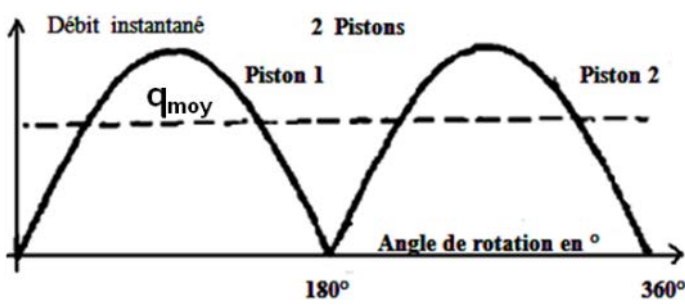
**Fig.d.423**

◆ Débit nul :  $\alpha = 0$



**Fig.d.424**

La régularité du débit instantané d'une pompe à pistons s'améliore avec un nombre élevé et impair de pistons.



**e- Cylindrée, débit, puissance et rendement :**

❑ **e.1- Cylindrée :**

La cylindrée par tour  $V_{cy}$  (m<sup>3</sup>/tr) est le volume qu'elle refoule à chaque tour :  $V_{cy} = c \cdot S \cdot n_p \cdot n_{cy}$

$c$  : la course du piston ;  $S$  : la section du cylindre ;

$n_p$  : le nombre de pistons ;  $n_{cy}$  : le nombre de cycle effectué par le piston par tour.

❑ **e.2- Débit volumique :**

Le débit volumique  $Q_v$  (m<sup>3</sup> /s) est le volume qu'elle refoule par unité de temps :  $Q_v = V_{cy} \cdot N / 60$

$N$  : la fréquence de rotation (tr / min).

❑ **e.3- Puissance théorique (nette) :**

La puissance théorique (nette)  $\mathcal{P}_n$  (W) :  $\mathcal{P}_n = \Delta p \cdot Q_v$  avec :  $\Delta p = \dots\dots\dots$

$P_{adm}$  : la pression d'admission et  $P_{ref}$  : la pression de refoulement

❑ **e.4- Rendements :**

Rendement global  $\eta_g \parallel \eta_g = \frac{\mathcal{P}_n}{\mathcal{P}_m} = \parallel$  ou  $\eta_g = \eta_v \cdot \eta_m$

$\eta_m$  : La puissance mécanique fournie.

$\eta_v$  : Le rendement volumétrique, le rendement dû aux fuites.

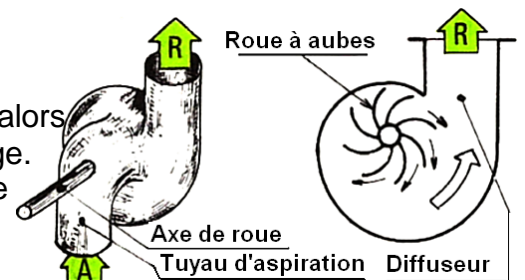
$\eta_m$  : Le rendement mécanique, le rendement dû aux frottements

**f- Pompes centrifuges :**

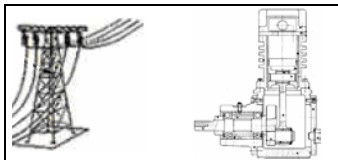
La rotation de la roue-entraîne la rotation du fluide ; celui-ci est alors expulsé vers l'extérieur sous l'action de la force d'inertie centrifuge.

Il se crée une dépression au centre de la roue qui provoque une aspiration du fluide. Exemples : - Pompe à eau de voiture.

- Pompe de vidange dans une machine à laver.



CHAÎNE D'ÉNERGIE : FONCTION GÉNÉRIQUE ALIMENTER EN ÉNERGIE

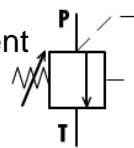


**C4- QUELQUES ORGANES DE TRANSMISSION HYDRAULIQUE / PNEUMATIQUE :**

**a- Limiteurs de pression :**

Dans un système hydraulique/pneumatique, si le flux de la pompe ne peut plus librement circuler dans :

- ♦ un vérin en fin de course ou bloqué ;
- ♦ un moteur hydraulique calé ;
- ♦ une arrivée d'huile fermée



La pression dans l'installation va brusquement augmenter jusqu'à atteindre la limite de résistance de l'organe le plus fragile et le détruire. On intercale dans le circuit un limiteur de pression dont le réglage permettra d'éviter toute surpression accidentelle.

Si la valeur de la pression atteint la valeur de réglage, le limiteur de pression s'ouvre pour laisser passer le débit d'huile excédentaire par rapport au débit nécessaire dans le circuit.

La pression est définie comme une résistance à l'écoulement.

**Fonctions des limiteurs de pression :**

a) Limiter la pression de fonctionnement dans l'ensemble d'un système hydraulique/pneumatique pour protéger la pompe, les appareils et les tuyauteries contre toutes surpressions dangereuses.

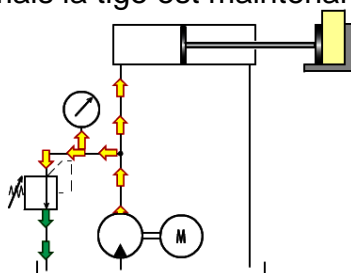
C'est le premier appareil du circuit après la pompe hydraulique.

b) Limiter aussi la pression dans une branche du système pouvant se trouver isolée.

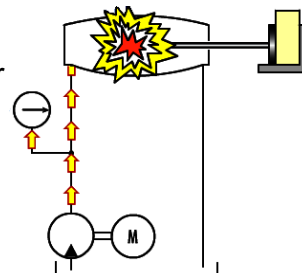
Un circuit peut nécessiter plusieurs de ces appareils.

L'exemple en bas permet d'illustrer le rôle essentiel joué par un limiteur de pression dans une installation hydraulique/pneumatique. La pompe restant en fonctionnement, le liquide continu d'être envoyée vers le vérin mais la tige est maintenant bloquée :

Le limiteur de pression change d'état (ouverture du clapet) quand la pression dépasse la valeur de tarage. Le surplus de débit est évacué vers le réservoir la pression est maintenue dans le vérin, mais pas dépassée.



La pression va encore augmenter jusqu'à dépasser la limite de résistance de l'élément le plus fragile.



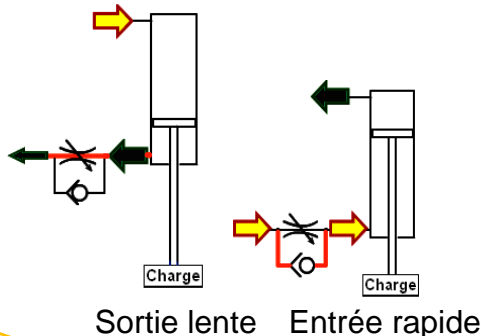
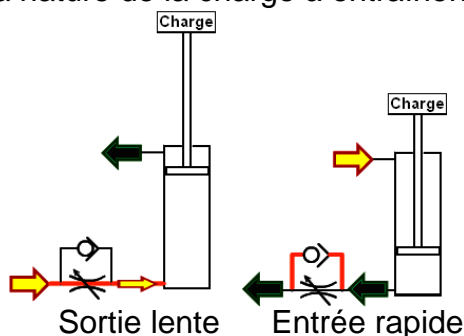
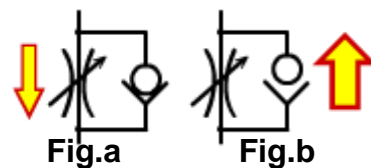
**b- Régulateurs de débit :**

Le régulateur de débit est un composant chargé de limiter le débit de circulation de l'huile dans un sens **Fig.a**, et de laisser la circulation au débit maximum dans l'autre sens **Fig.b**.

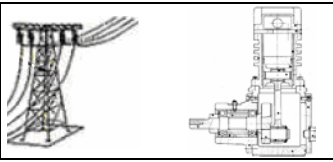
Ce composant est constitué d'un limiteur de débit (étranglement réglable) et d'un clapet de non retour.

Il existe également des limiteurs de débits unidirectionnels **doubles**.

Des régulateurs de débit peuvent être montés pour réduire le débit d'alimentation ou le débit de refoulement. Chaque montage correspond à un usage particulier et dépend principalement de la nature de la charge à entraîner.





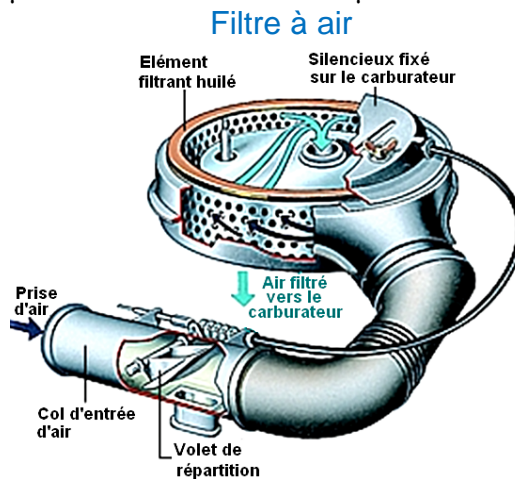
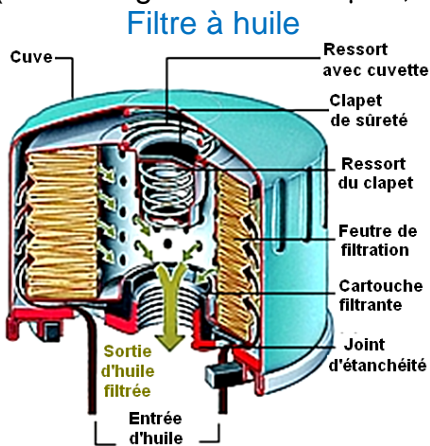


**c- Les filtres :**

Dans toute installation, il est essentiel de veiller (garder) la qualité du fluide qui transmet l'énergie : une huile polluée est souvent la cause de mauvais fonctionnement ou de pannes du système.

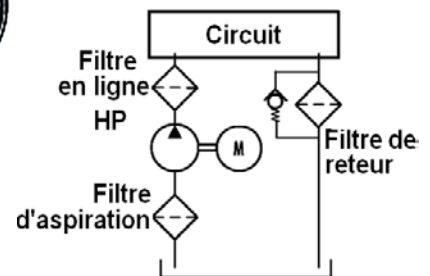
- Il y a :
- ♦ Pollution chimique : L'échauffement de l'installation lors du fonctionnement et la présence d'autre fluide (l'eau de condensation par exemple) modifient les caractéristiques chimiques et physiques de l'huile. Le fonctionnement de l'installation peut en être sérieusement affecté.
  - ♦ Pollution mécanique : Cette pollution est due à la présence de particules solides en suspension dans l'huile : elles doivent être retenues par les filtres. Ces particules peuvent provenir des conditions de fabrication et de stockage du matériel (soudure, polissage, meulage, peinture), du montage sur site, de l'usure des composants, de l'ouverture du circuit pour des réparations, de l'appoint en huile neuve sans filtration, pollution bactérienne causée par des défauts d'étanchéité...

(Pollution grossière > 15 µm ; 5 µm < Pollution fine < 15 µm et Pollution micronique < 5 µm).



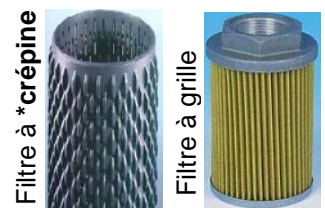
**Emplacement des filtres**

Une installation hydraulique comportera plusieurs filtres répartis dans le circuit et chargés chacun d'un type de filtration. Ex : a ; b et c



**a- Filtre d'aspiration :**

Une filtration fine n'est pas envisageable car la pompe risquerait d'être alimentée sous un débit insuffisant. Il peut alors se créer des poches d'air ou de vapeur (effet de cavitation). Ce type de filtre se résume dans la plupart des cas à une crépine ou une grille. Dans les installations modernes, sous réserve qu'elles soient propres et non polluées, la tendance est à supprimer ce filtre.



**b- Filtre en ligne haute pression :**

Ce filtre protège tous les composants montés en aval de la pompe par une filtration fine (à partir de 10 µm).

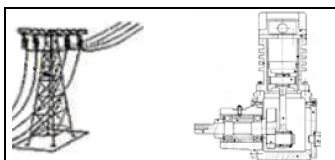
Cependant, le corps de filtre doit résister à des pressions très élevées. C'est donc un élément assez coûteux de l'installation.



**c- Filtre de retour :**

Le filtre monté sur le circuit de retour, juste avant le réservoir, permet également une filtration fine. La pression de retour étant très basse, c'est un filtre bien moins coûteux que le filtre de haute pression. Ces filtres sont généralement équipés d'un clapet de non retour taré pour protéger l'élément filtrant d'écrasement qui le détériorerait.

\*Crépine : Pièce perforée qui sert de filtre à l'entrée d'un tuyau d'aspiration



**d- Les canalisations:**

- Ce sont : - des tubes rigides métalliques à structure homogène ;
- des tuyaux flexibles en élastomère à structure hétérogène multicouche.

Une tuyauterie équipée est une conduite prête à l'emploi munie de ses raccords ou embouts de raccordement pour réaliser les liaisons entre les appareils ou ensembles hydrauliques.

En fonction du système étudié le fluide devra circuler à l'intérieur des conduites avec le minimum de perte de puissance et les épaisseurs seront calculées pour que le tube ne subisse pas de déformations en pression de service.

- ♦ Détermination : Deux paramètres interviennent :
  - Le débit  $q_v$  permet de calculer le diamètre intérieur ; vitesses d'écoulement recommandées (aspiration 0,4 à 1,5 m/s; alimentation 2 à 10 m/s retour 2 à 4 m/s).
  - La pression d'utilisation fixe l'épaisseur.
- ♦ Canalisations rigides : Généralement en acier étiré à froid, sans soudure.

□ **a- Règles à observer :**

- a.1- Réduire le nombre de coude au maximum.
- a.2- Réaliser les cintrages avec un rayon minimum égal à trois fois le diamètre extérieur du tuyau  $r > 3d$  ext.
- a.3- Éviter les cintrages dans les zones de raccordement.
- a.4- Éviter les branchements rectilignes surtout pour les tuyauteries courtes.  
 (Penser aux variations de température ou de pression provoquant dilatation ou contractions)



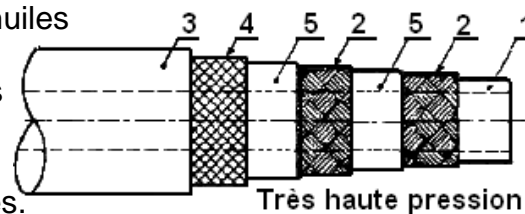
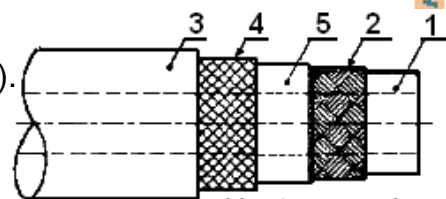
- ♦ Canalisations souples flexibles : Permettent de relier des composants en mouvement relatif et d'absorber les vibrations

□ **b- Règles de montage :**

- b.1- Prévoir des rayons de courbure suffisant (10 à 15 fois le diamètre extérieur).
- b.2- Relier les coudes par des parties droites (longueur minimal 3 fois le diamètre extérieur).
- b.3- Tenir compte de la diminution de longueur (5% environ) sous l'effet de la pression.
- b.4- Éviter la torsion axiale.
- b.5- Éviter les longueurs trop importantes.

□ **c- Composition :**

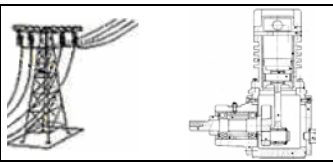
- c.1- Un tube intérieur 1 en caoutchouc synthétique (neutre au fluide).
- c.2- Une armature métallique, en fil d'acier haute résistance.  
 Appelée tresse 2. Suivant les pressions utilisées (moyennes, hautes) on trouvera une ou deux tresses.  
 Pour très hautes pressions on trouve jusqu'à quatre nappes de tresses.
- c.3- Une gaine extérieure en caoutchouc noir 3 résistant aux huiles et à l'abrasion, comportant une ligne de contrôle de non \*vrillage. Armature. Tubes intérieurs ou extérieurs sont isolés par des tresses textiles 4 ou des robes intercalaires antifricition, en caoutchouc synthétique 5.



- c.4- Il existe une nouvelle fabrication de tuyaux flexibles dite thermoplastique.  
 Le tube intérieur. Les tresses de renforcement 2 et la robe extérieure sont en matériaux thermoplastiques (résine et fibre polyester).  
 Avantages : légèreté, tube intérieur plus lisse et diamètre extérieur plus réduit.  
 Certains sont recommandés lorsque la non conductivité électrique est requise.

CHAÎNE D'ÉNERGIE : FONCTION GÉNÉRIQUE ALIMENTER EN ÉNERGIE

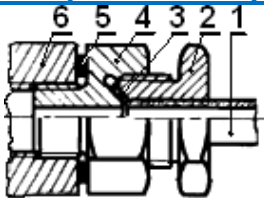
\*Vrillage : (TEXTILE) Défaut des fils dû à une mauvaise torsion



**e- Les raccords :**

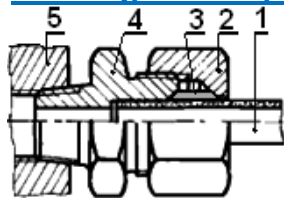
- ◆ Permettent : - La jonction des tuyauteries rigides ou flexibles aux différents appareils d'une installation ou liaison entre plusieurs tuyauteries. L'étanchéité absolue est impérative.
  - Des changements de direction
  - Des démontages et remontages rapides
- ◆ Classification : - **Raccord rigides tube cuivre ; acier ; alliage d'aluminium**

□ **a- À portée conique**



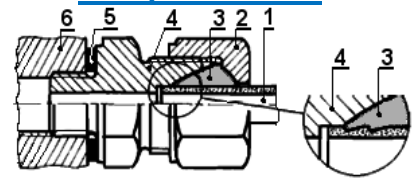
L'étanchéité est assurée par un joint. Mamelon cylindrique

□ **b- À bague bicoque**



L'étanchéité est assurée par un ruban. Mamelon conique

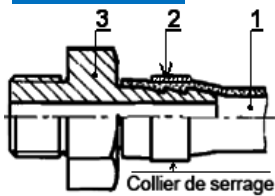
□ **c- À pénétration**



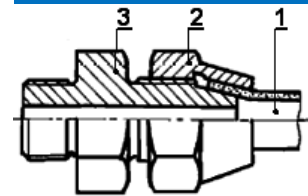
Le serrage de l'écrou provoque l'incrustation\* de la bague dans le tube

- **Raccord souple (tube caoutchouc armé)**

□ **d- À canule**



□ **e- À portée conique**



□ **f- Autre type de raccords**

plastique et Cuivre		plastique et acier		cuivre- acier	
mamelon double	raccord de réduction	réduction mâle - femelle hexagonale	bouchon mâle sans bourrelet	Conduite Mâle-femelle	coude
culotte	té	coude de renvoi	coude à 45°	siphon	coude à 180°

**C.4.1- Avantages de l'hydraulique :**

Les vérins et moteurs hydraulique peuvent démarrer en charge, y compris avec des charges élevées. Les actionneurs sont auto-lubrifiés lors de leur fonctionnement : leur fiabilité est accrue.

**C.4.2- Inconvénients de l'hydraulique :**

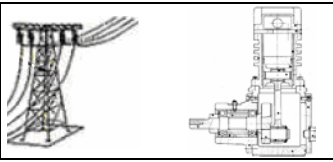
Les pressions élevées peuvent être cause d'accidents en cas de fuites.

La longueur ou la complexité du circuit hydraulique provoque des pertes de charges dans l'installation. Le rendement en est alors affecté.

Coûts d'installation et des équipements élevés. Cependant, à service équivalent, l'installation pneumatique sera souvent d'un coût supérieur.














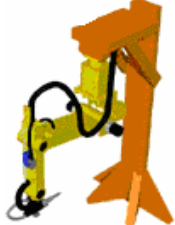
CHAÎNE D'ÉNERGIE : FONCTION GÉNÉRIQUE ALIMENTER EN ÉNERGIE





**C.5- Aspect représentation et application des énergies d'alimentation recommandées :**

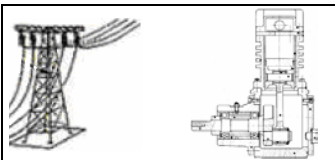
La représentation symbolique des ressources d'énergies d'alimentation recommandées est résumée sur le tableau ci-dessous :

Énergies	Électrique	Pneumatique	Hydraulique
Vecteur	Électricité	Air comprimé	Huile sous pression
Source et symbole de la source	<p>réseau ONE : (50 Hz)            Monophasé Triphasé</p>   <p>Pile, accumulateur</p> 	 Ou 	 Ou 
Paramètres essentiels de la puissance	<p><math>U</math> : tension (Volts)  <math>I</math> : courant (Ampères)  <math>\phi</math> : angle de déphasage  <math>\mathcal{P}_a</math> : Puissance (Watt)</p> <p>Puissance absorbée par une machine à :</p> <p>♦ courant continu  <math>\mathcal{P}_a = U.I</math></p> <p>♦ monophasé  <math>\mathcal{P}_a = U.I.\cos\phi</math></p> <p>♦ triphasé  <math>\mathcal{P}_a = U.I.\cos\phi.\sqrt{3}</math></p>	<p><math>P</math> : pression (Pascals = N/m<sup>2</sup>)  <math>q_v</math> : débit d'air ou (m<sup>3</sup>/s)  <math>\mathcal{P}</math> : Puissance (Watt = N.m/s)  <math>\mathcal{P} = q_v.P</math> avec <math>P = F/S</math></p> <p>♦ dans une conduite : <math>q_v = \text{Vitesse} \times \text{Section} = V.S</math>            ♦ dans un compresseur ou une pompe :  <math>q_v = C.S.n_p.n_{cy}.N/60</math></p> <p>- <math>F</math> : Force (en N)            - <math>S</math> : Section du fluide dans la conduite ou du piston (en m<sup>2</sup>...)            - <math>\rho</math> : Masse volumique (en kg/m<sup>3</sup>)            - <math>g</math> : Accélération de la pesanteur (en m/s<sup>2</sup>)            - <math>h</math> : Hauteur (en m)            - <math>V</math> : Vitesse du fluide (en m/s, cm/s, mm/s ...)            - <math>C</math> : Course du fluide ou du piston (en mm, cm, m ...)            - <math>n_p</math> : nombre de pistons            - <math>n_{cy}</math> : nombre de cycle effectué par le piston par tour            - <math>N</math> : Fréquence de rotation (en tr/min)</p> 	<p><math>P</math> : pression (Pascals)  <math>q_v</math> : débit d'huile (m<sup>3</sup>/s)  <math>\mathcal{P}</math> : Puissance (Watt)  <math>\mathcal{P} = q_v.P</math> avec <math>P = F/S</math>            ou <math>P = \rho.g.h</math></p>
Exemple d'utilisation	<p>Portail à commande électrique</p>  <p>Ventilateur électrique</p> 	<p>Alimentation pneumatique locale par compresseur mobile (marteau piqueur)</p>  <p>Les actions d'ouverture et fermeture des portes de bus consomment l'énergie pneumatique</p> 	<p>Vérins hydrauliques d'engins de travaux publics</p>  

CHAÎNE D'ÉNERGIE : FONCTION GÉNÉRIQUE ALIMENTER EN ÉNERGIE

**Remarque :**

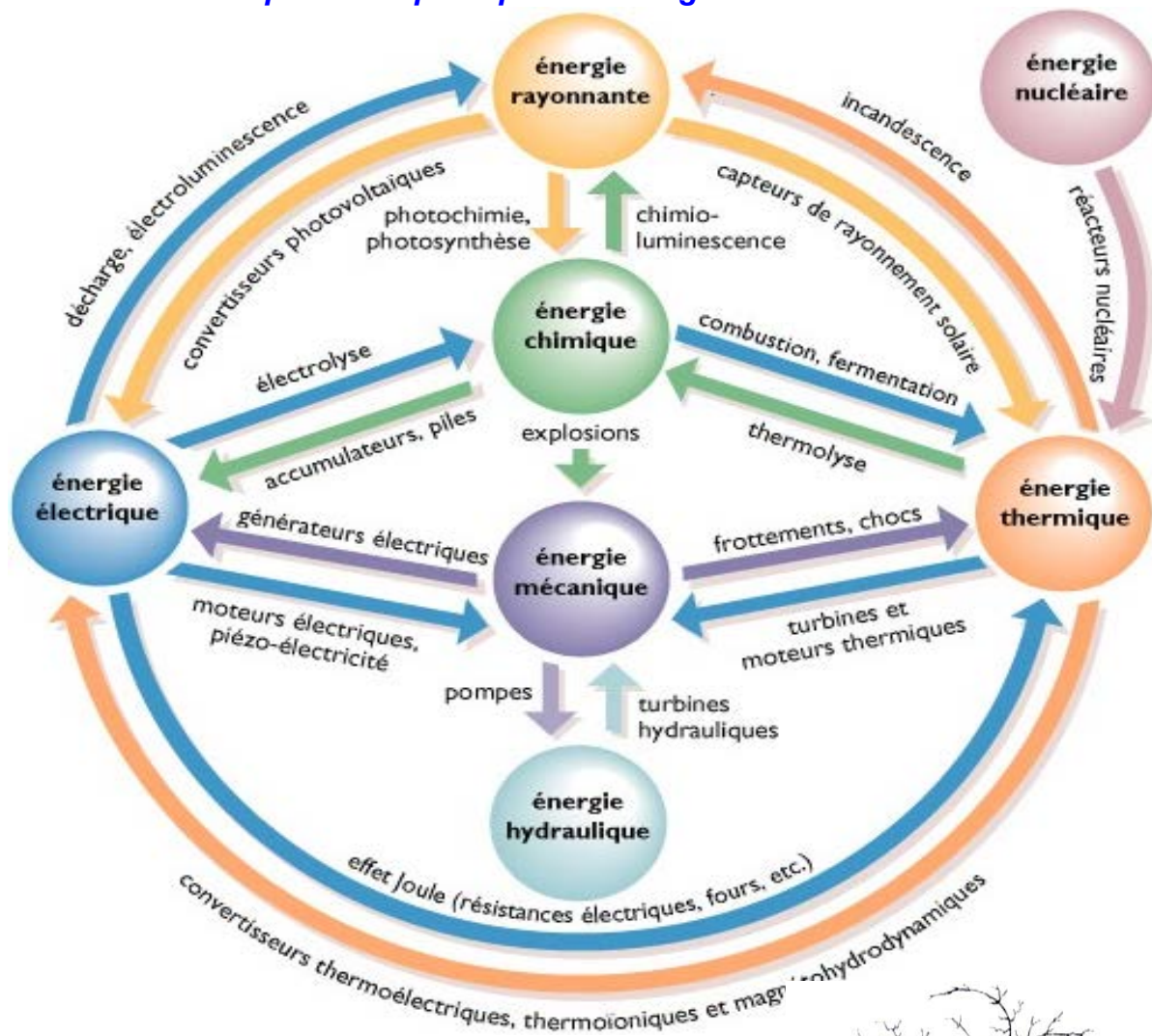
- Le métal utilisé pour transporter l'énergie électrique est le Cuivre et l'Aluminium ;
- Des tubes rigides métalliques à structure homogène, ou des tuyaux flexibles en élastomère à structure hétérogène multicouche pour transporter l'énergie pneumatique ou hydraulique.



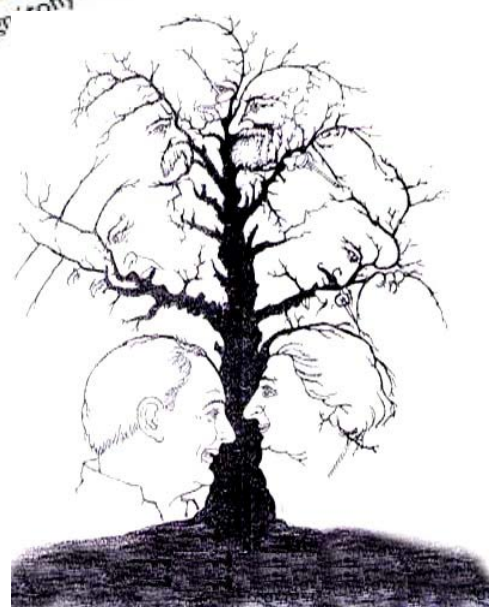
**Comparaison des énergies :**

	<b>Électrique</b>	<b>Pneumatique</b>	<b>Hydraulique</b>
<b>Production</b>	Réseau national ONE Réseau local	Un compresseur par atelier	Un groupe hydraulique par système
<b>Rendement</b>	0,9	0,3 à 0,5	0,7 à 0,9
<b>Liaison</b>	Câbles, fils	Tubes, flexibles (pertes de charges selon distance et forme)	

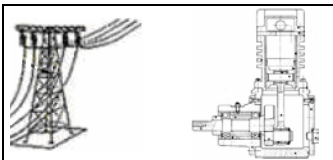
↳ **Conversions des sept formes principales d'énergie et leurs convertisseurs**



CHAÎNE D'ÉNERGIE : FONCTION GÉNÉRIQUE ALIMENTER EN ÉNERGIE







## Résumer

### ALIMENTER UN PRODUIT EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE :

L'énergie électrique présente de nombreux avantages : on la produit de multiples façons (voir en haut) et elle est facile à transporter. **Un réseau d'alimentation en courant alternatif** fournit l'énergie, beaucoup de s'y raccordent simplement par câbles conducteurs, via des prises de courant. **L'alimentation électrique** peut aussi être **autonome**, l'énergie est alors stockée dans des batteries, des accumulateurs ou des piles.

Les batteries sont souvent conçues spécifiquement pour un produit ou une gamme de produits. Les accumulateurs, plus économiques, ont le format des piles, mais sont rechargeables contrairement à ces dernières.

Des cellules photovoltaïques enfin peuvent assurer seules l'alimentation de produits peu consommateurs, mais on les utilise plutôt pour assurer la recharge d'accumulateurs.

### Alimentation électrique par batterie d'accumulateurs

Le Segway puise l'énergie électrique nécessaire à son fonctionnement dans deux batteries de 60 accumulateurs. Son autonomie lui autorise environ 17 Km, après quoi il fait le plein d'énergie en se raccordant directement au secteur par un simple câble.

### Alimentation électrique par panneaux solaires et batterie

Lancée le 2 juin 2003, la sonde spatiale **Mars express** a effectué 78 millions de kilomètres pour se mettre en orbite le 25 décembre 2003 autour de la planète. Depuis, pour communiquer, mesurer ou photographier, ses besoins en énergie électrique sont assurés par un ensemble de cellules photovoltaïques disposées sur deux grandes panneaux. Grâce à la lumière du soleil, l'électricité produite recharge des batteries.



### ALIMENTER UN PRODUIT EN ÉNERGIE PNEUMATIQUE :

L'énergie pneumatique est fournie le plus souvent par un groupe **compresseur d'air**. **Une unité de traitement** et **un réseau d'alimentation** permet l'acheminement dans les meilleures conditions de l'air sous pression aux systèmes qui s'y raccordent pour fonctionner.

Très utilisé en complément de l'énergie électrique, l'énergie pneumatique peut aussi s'avérer être l'unique source d'alimentation dans certains milieux où l'électricité représenterait un danger, tels que les salles de production de matières explosives.

### Alimentation autonome par réserve d'air

Le modèle réduit d'avion **Air Hogs** vole grâce à de l'énergie pneumatique. L'air stocké sous pression dans un réservoir est la seule énergie utilisée par cet avion. Son autonomie lui permet de faire des vols allant jusqu'à 90 mètres.

Le plein d'énergie est effectué au moyen d'une pompe à main directement raccordée au réservoir.



### Alimentation pneumatique locale par compresseur mobile

L'énergie pneumatique utile au fonctionnement d'un marteau-piquer provient d'un groupe compresseur autonome. Mobile, le groupe utilise du carburant pour produire sur le chantier l'air comprimé nécessaire.

