

Systèmes Hydrauliques et Pneumatiques

Semestre : x
Unité d'enseignement : UED xx
Matière : Systèmes Hydrauliques et Pneumatiques
VHS : 22h30 (cours 1h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif du programme est de faire apprendre aux étudiants un ensemble de connaissances indispensables et nécessaires pour la compréhension physique des systèmes hydrauliques et pneumatiques. Ceci débute par la description des différents organes (vérins, distributeurs, clapets,...), jusqu'à l'établissement des schémas hydrauliques ou pneumatiques

Connaissances préalables recommandées :

Connaissances en mécanique des fluides, en organes de machines et sur lois de la physique.

Contenu de la matière :

Chapitre 4 : Exemples Pratiques : (4 semaines)

- Etablissement des schémas hydrauliques et pneumatiques.
- Calcul des circuits hydrauliques et pneumatiques.

Mode d'évaluation:

Examen :100%.

Références bibliographiques:

1. Jacques Faisandier, *Mécanismes hydrauliques et pneumatiques*, Collection :Technique et Ingénierie, Dunod/L'Usine Nouvelle, 2013.
2. José RoldanViloria, *Aide-mémoire : Hydraulique Industrielle*, L'Usine Nouvelle - Dunod.
3. R.-C. Weber, *Sécurité des systèmes pneumatiques*, Édition Festo, 2012.
4. Simon Moreno, Edmond Peulot, *Pneumatique dans les systèmes automatisés de production*, Editeur(s) : Casteilla, 2001.

Chapitre 4 : Exemples Pratiques :

(4 semaines)

Chapitre 4 : Exemples Pratiques :

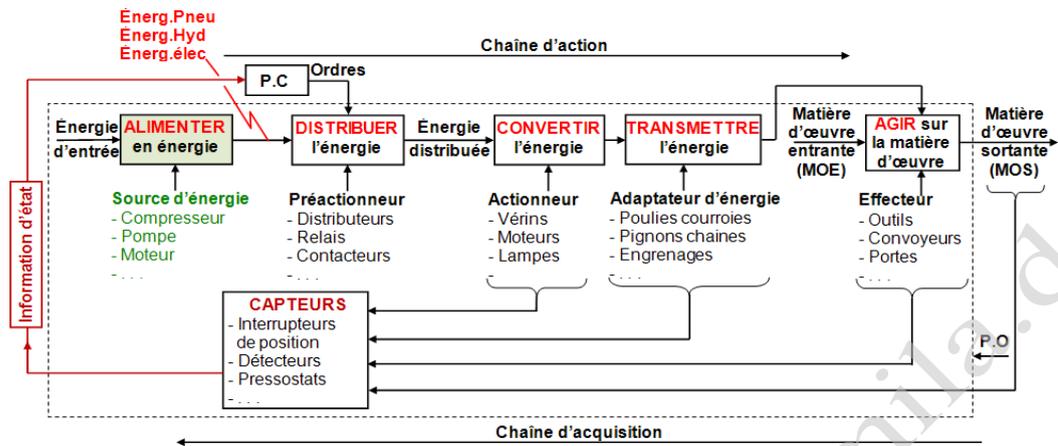
(4 semaines)

- Etablissement des schémas hydrauliques et pneumatiques.
- Calcul des circuits hydrauliques et pneumatiques.

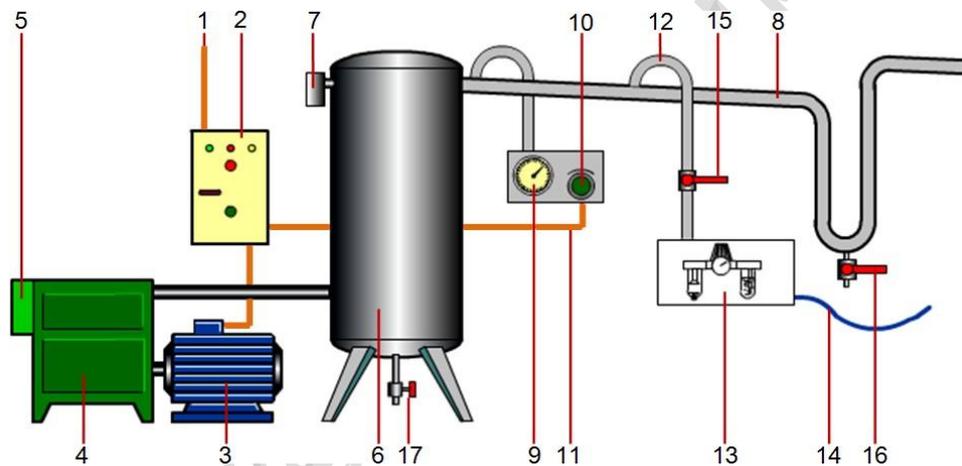
a.touahria@centre-univ-mila.dz

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**.

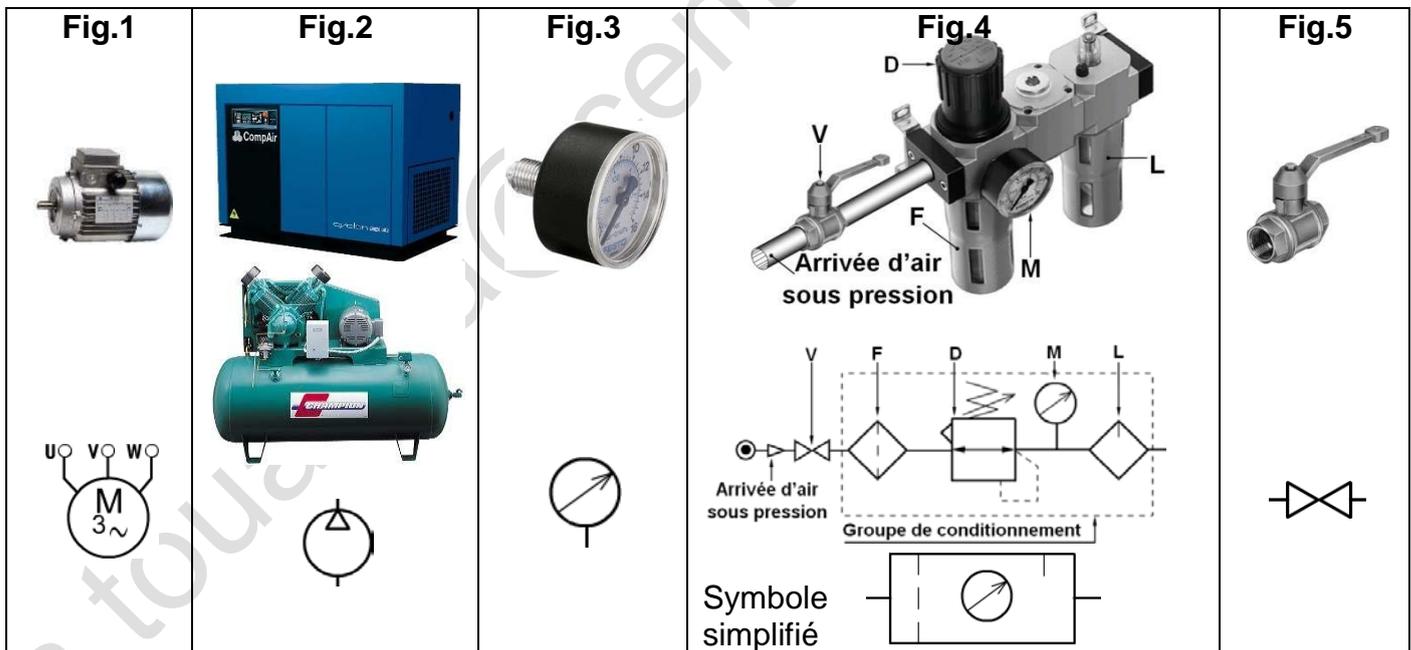
Afin d'éviter de faire fonctionner le moteur en continu, un réservoir, calibré en volume en fonction de la consommation de l'installation, y est installé. Le **pressostat** est le **capteur** qui permet d'enclencher ou de déclencher le contacteur moteur en fonction des seuils min. et max. de pression 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 Fig.1	Chargé d'entraîner le compresseur.
4	Compresseur Fig.2	Augmenter la pression de l'air lorsqu'il est entraîné par le moteur.

5	Filter 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 dépassera la pression admissible.
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 Fig.3	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 Fig.4	Chaque unité pneumatique (machine, système..) relié au réseau de distribution possède son propre groupe de conditionnement de l'air chargé de le Filtrer , Lubrifier et de Régler 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 Fig.5	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.

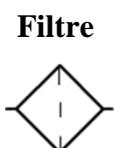
Photo et Schéma des figures



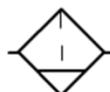
Remarque :

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

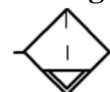
- ✓ Filtre (**F**) qui retient les plus fines particules contenues dans l'air ;



Filtre avec séparateur de condensats



Filtre avec séparateur de condensats à vidange automatique

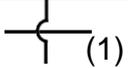
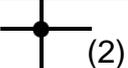
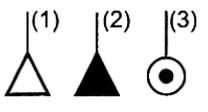
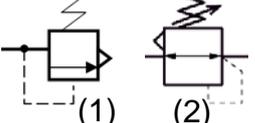
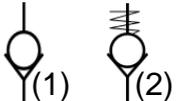
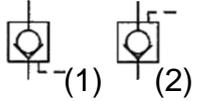
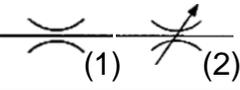
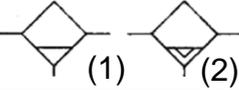
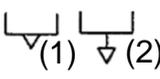
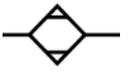
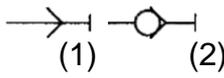
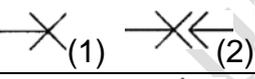
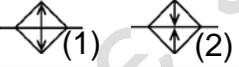
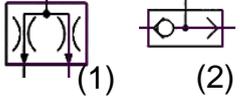
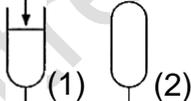
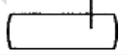
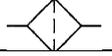
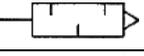
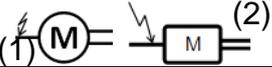
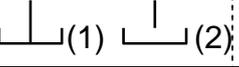
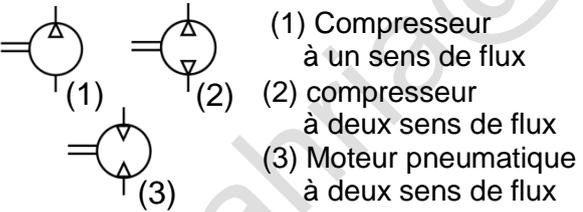
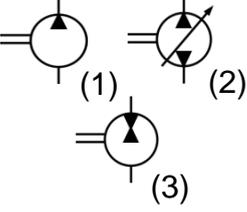
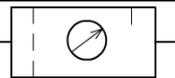
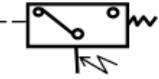


- ✓ Régulateur (**D**) qui abaisse et maintient la pression à la valeur pré-réglée ;
- ✓ Manomètre (**M**) qui indique la valeur de pression disponible ;

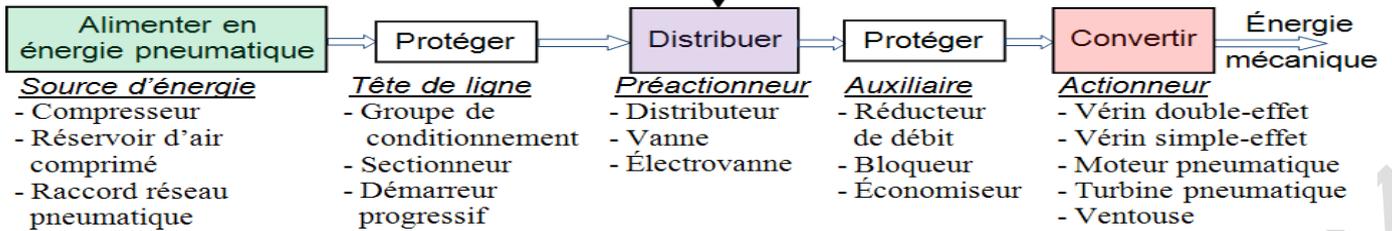
- ✓ Lubrificateur (**L**) qui diffuse de fines particules d'huile pour améliorer la longévité des actionneurs. Avant ce groupe, il y a un organe de séparation : la vanne (**V**) de sectionnement (isolement) ;

a.touahria@centre-univ-mila.dz

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) Limiteur de pression (soupape de sécurité) (2) Régulateur de pression à pression réglable (<i>détendeur</i>)
	Clapet de non-retour (1) non taré (2) taré		Clapet de non-retour (1) piloté pour ouvrir (2) piloté pour fermer
	Limiteur de débit (1) non réglable (2) réglable		Purgeur (1) à commande manuelle (2) automatique
	Orifices d'évacuation (1) non connectable (2) connectable		Déshydrateur (Enlever d'un corps tout ou partie de l'eau qu'il renferme)
	Branchement rapide (1) sans clapet (2) avec clapet		Prises (1) bouchée (2) avec conduite branchée
	Clapet de non-retour avec étranglement		(1) Refroidisseur (2) Réchauffeur
	(1) Diviseur de débit (2) Sélecteur de circuit		Accumulateurs (1) à ressort à poids (2) hydro-pneumatique
	Robinet		Réservoir sous pression
	Filtre		Silencieux
	(1) Moteur électrique (2) Moteur thermique		(1) Conduite d'aspiration (2) Conduite de refoulement
	(1) Compresseur à un sens de flux (2) compresseur à deux sens de flux (3) Moteur pneumatique à deux sens de flux		(1) Pompes hydrauliques à un sens de flux (2) Pompes hydrauliques à deux sens de flux et à cylindrée variable (3) Pompe moteur à un sens de flux
	(1) Manomètre (2) Débitmètre		Groupe de conditionnement
	Lubrificateur		Contact électrique à pression

C.21- Circuit pneumatique : Ordre de la chaîne d'information ↓



Remarque :

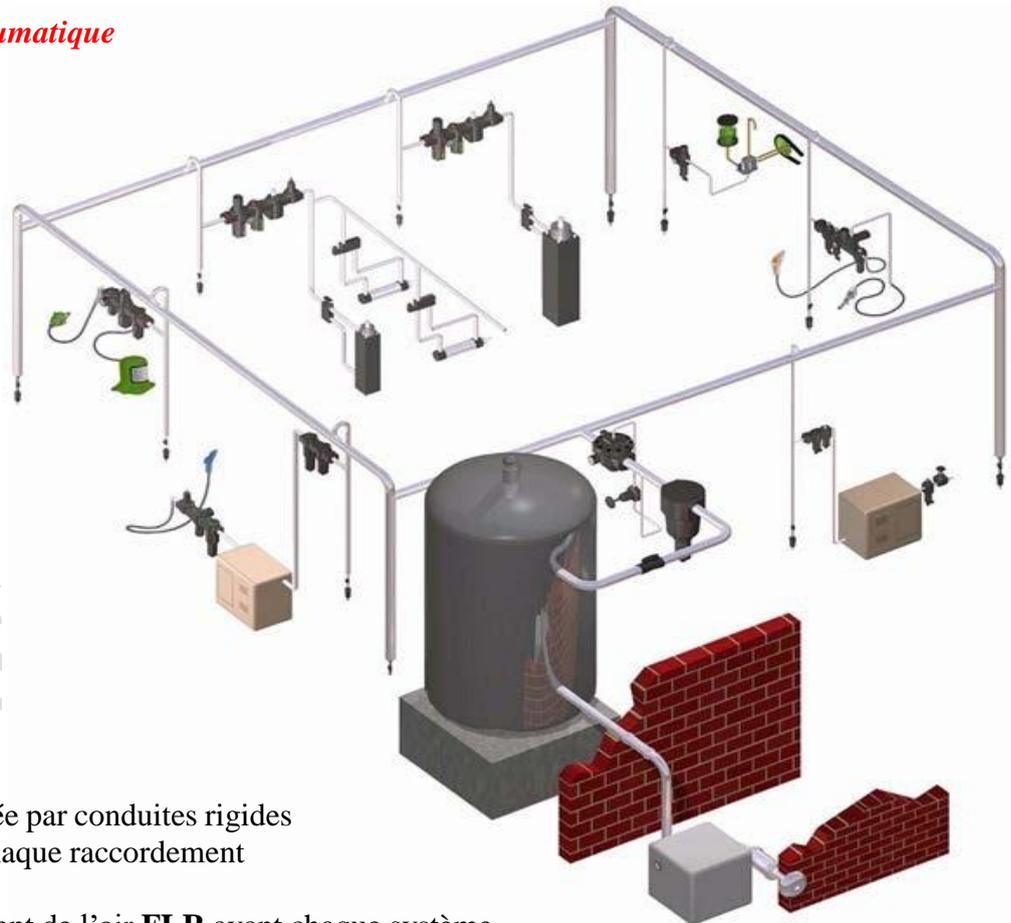
- Les grandeurs physique qui caractérisent le flux d'énergie pneumatique (ou hydraulique) jusqu'au actionneur sont :
 - le débit volumique q_v en mètre cube par seconde (m^3/s) ;
 - la pression P en Pascal (Pa).

On définit alors la puissance pneumatique P en watt par :

$$P = q_v \cdot P$$

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

Distribution d'énergie pneumatique

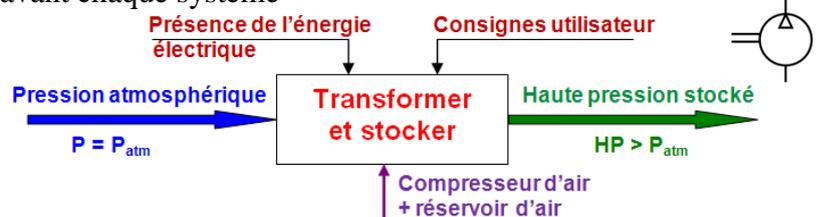


- Distribution décentralisée par conduites rigides
- Purge au point bas de chaque raccordement
- Prise d'air de sécurité
- Unités de conditionnement de l'air **FLR** avant chaque système

C.22- Étude d'un compresseur :

Le compresseur permet de **compresser** de 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.

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 ($P_{\text{utilisation}} \leq 8 \text{ bars}$)

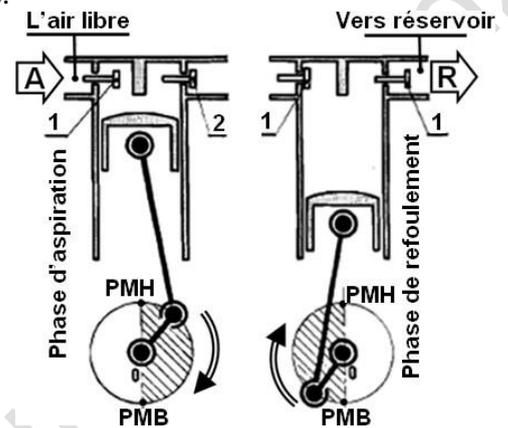
➤ Aspiration :

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

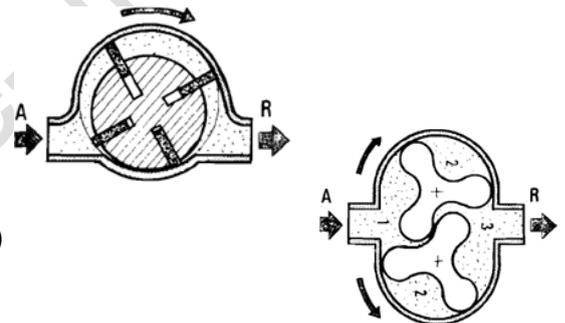
(Débit élevé pression d'utilisation faible) ($P_{\text{utilisation}} \leq 4 \text{ bars}$)

Fonctionnement analogue à celui d'une pompe à palettes.

◆ Compresseur à engrenages

(Débit élevé pression d'utilisation très faible) ($P_{\text{utilisation}} \leq 2 \text{ bars}$)

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.
(Analogie 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 $1 \text{ m}^3/\text{h}$ à $2 \cdot 10^5 \text{ m}^3/\text{h}$

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

Remarque :

Le débit d'air est exprimé dans les conditions normales de température et de pression : $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

; $P_{\text{atm}} = 1013 \text{ hPa} \approx 10^5 \text{ Pa}$; 65% d'humidité

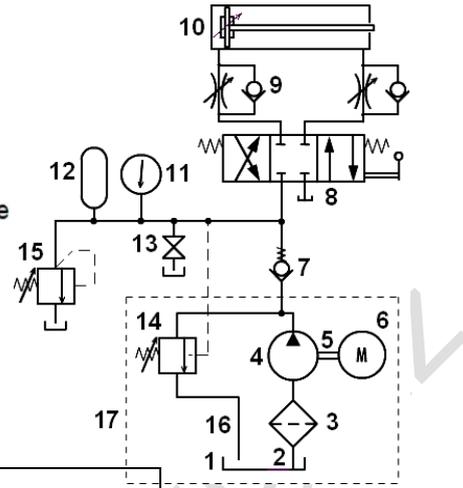
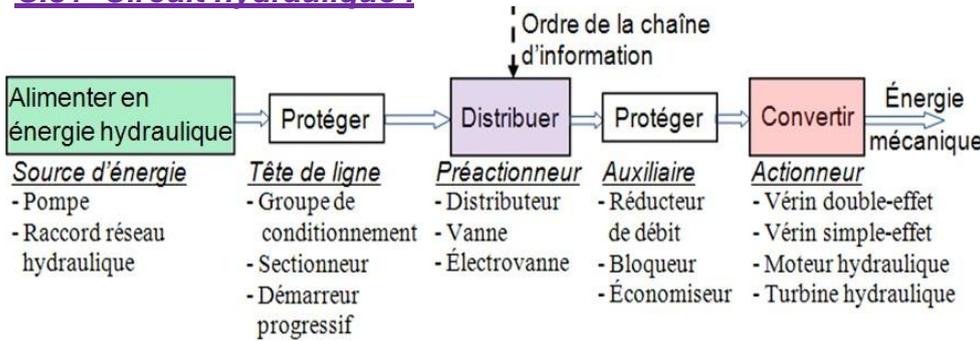
C.23- Caractéristiques de l'énergie pneumatique :

- ☐ **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.

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 déchargement 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.

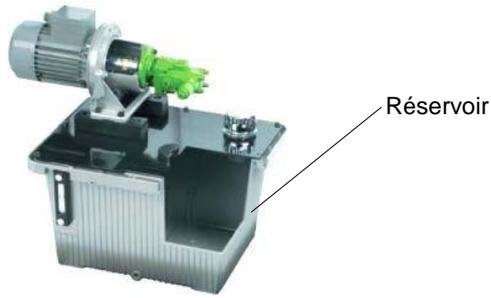


Fig.6

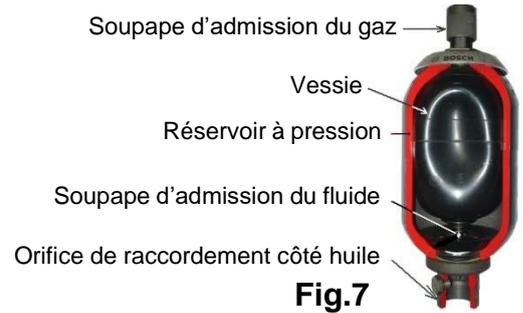


Fig.7

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 :

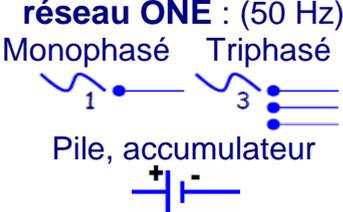
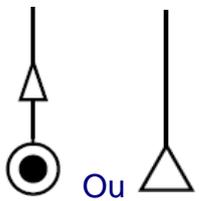
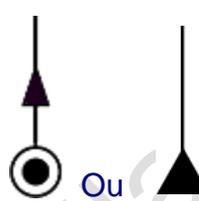
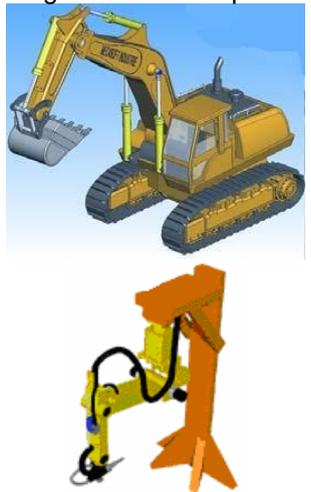
Les pressions élevées peuvent être cause d'accidents en cas de fuites.

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.

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	Electrique	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>	 <p>Ou</p>	 <p>Ou</p>
Paramètres essentiels de la puissance	<p>U : tension (Volts) I : courant (Ampères) ϕ : angle de déphasage P_a : Puissance (Watt)</p> <p>Puissance absorbée par une machine à :</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ courant continu $P_a = U.I$ ♦ monophasé $P_a = U.I.\cos\phi$ ♦ triphasé $P_a = U.I.\cos\phi.\sqrt{3}$ 	<p>P : pression (Pascals = N/m^2) q_v : débit d'air ou (m^3/s) P : Puissance (Watt = $N.m/s$) $P = q_v.P$ avec $P = F/S$</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ dans une conduite : $q_v = \text{Vitesse} \times \text{Section} = V.S$ ♦ dans un compresseur ou une pompe : $q_v = C.S.n_p.n_{cy}.N/60$ <p>- F : Force (en N) - S : Section du fluide dans la conduite ou du piston (en $m^2...$) - ρ : Masse volumique (en kg/m^3) - g : Accélération de la pesanteur (en m/s^2) - h : Hauteur (en m) - V : Vitesse du fluide (en m/s, cm/s, mm/s ...) - C : Course du fluide ou du piston (en mm, cm, m ...) - n_p : nombre de pistons - n_{cy} : nombre de cycle effectué par le piston par tour - N : Fréquence de rotation (en tr/min)</p> 	<p>P : pression (Pascals) q_v : débit d'huile (m^3/s) P : Puissance (Watt) $P = q_v.P$ avec $P = F/S$ ou $P = \rho.g.h$</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> 

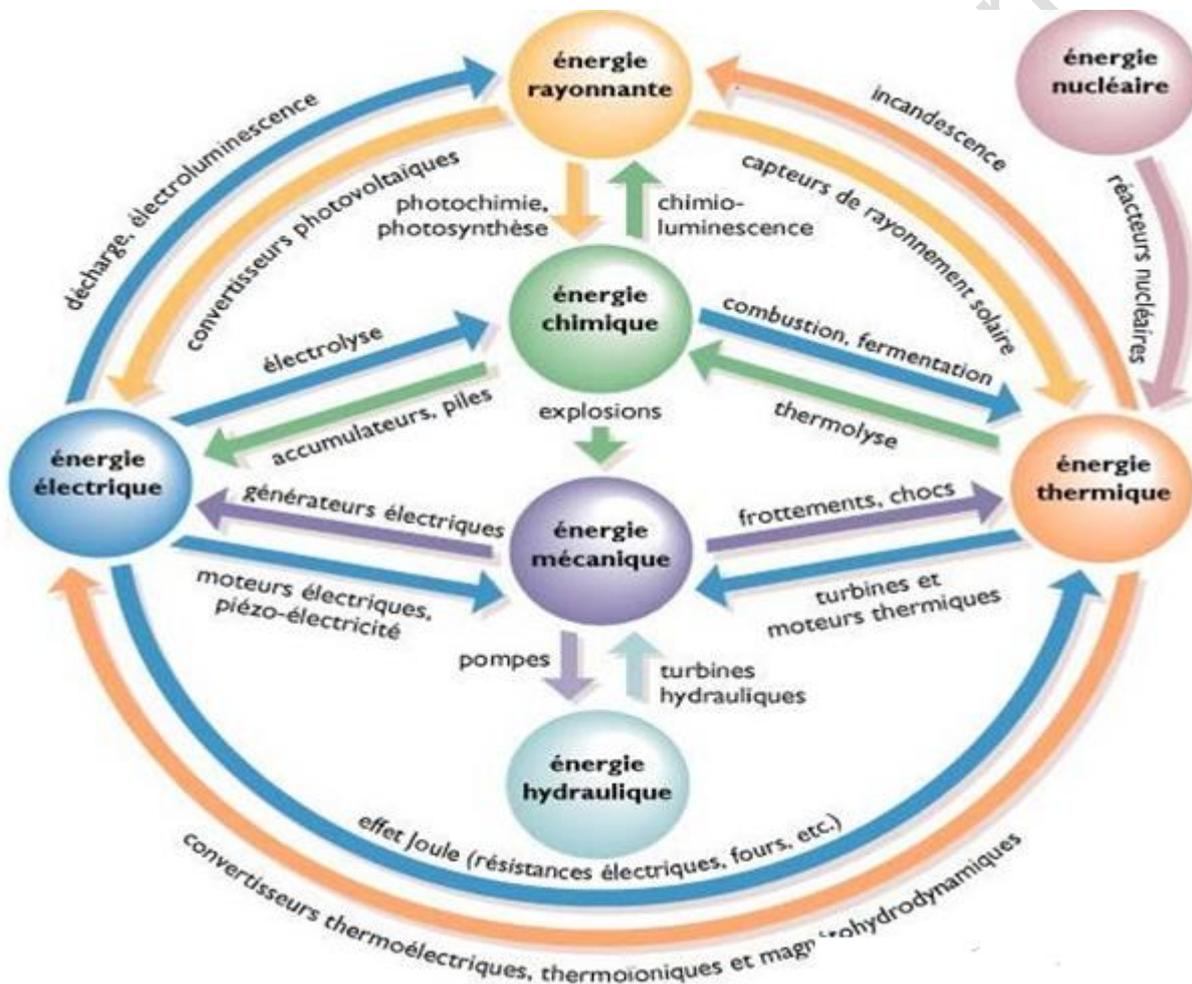
Remarque :

- 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 :

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

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



Résumé

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 photograver, 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-piquet provient d'un groupe compresseur autonome. Mobile, le groupe utilise du carburant pour produire sur le chantier l'air comprimé nécessaire.

