

# 13. CHAINE D'ENERGIE (1/2)

## - alimenter, distribuer, convertir-

1. INTRODUCTION :.....	2
2. CHAINE D'ENERGIE HYDRAULIQUE/PNEUMATIQUE-MECANIQUE :.....	3
2.1. RAPPEL :.....	3
2.2. CHAINE D'ENERGIE HYDRAULIQUE-MECANIQUE : .....	4
2.3. CHAINE D'ENERGIE PNEUMATIQUE-MECANIQUE : .....	4
3. ALIMENTER EN ENERGIE ET STOCKER : .....	5
3.1. ALIMENTER EN ENERGIE HYDRAULIQUE ET STOCKER : .....	5
3.2. ALIMENTER EN ENERGIE PNEUMATIQUE ET STOCKER : .....	9
4. DISTRIBUER L'ENERGIE :.....	11
4.1. CARACTERISATION D'UN DISTRIBUTEUR :.....	11
4.2. REPRESENTATION SCHEMATIQUE :.....	12
5. CONVERTIR L'ENERGIE : .....	14
5.1. VERIN :.....	14
5.2. MOTEUR HYDRAULIQUE/PNEUMATIQUE :.....	18
6. BILAN DE PUISSANCE :.....	20
7. COMPARAISON ENTRE ENERGIES HYDAULIQUE ET PNEUMATIQUE :.....	21

*Elaboré par : Youssef RAHOU, juin 2019.*

## 1.Introduction :

Les outils de l'analyse comportementale précédemment étudiés en cinématique et en statique permettent de vérifier, d'analyser et de valider le comportement d'un mécanisme donné, pour ainsi pouvoir bien mener le choix des composants structurels associés, composants qui assureront les fonctions génériques de la chaîne d'énergie, à savoir : **alimenter, distribuer, convertir, transmettre et agir**. **Le présent sous-chapitre 13 (1/2) s'intéresse aux chaînes d'énergie à entrées pneumatique ou hydraulique.**

Les différents composants structurels usuels en hydraulique et en pneumatique seront étudiés, **dans un premier temps, on s'intéressera aux composants assurant les fonctions génériques : alimenter, distribuer, convertir, fonctions qui sont propres à chaque type d'énergie (hydraulique et pneumatique), la deuxième partie faisant l'objet du prochain sous-chapitre 13 (2/2) sera entièrement dédiée à la fonction transmettre, traitant la transmission d'énergie mécanique sans faire la différence entre les sources de cette énergie ( hydraulique/pneumatique ou autre).**

## 2. Chaîne d'énergie hydraulique/pneumatique-mécanique :

### 2.1. Rappel :

On rappelle qu'un système automatisé peut être représenté par deux chaînes communiquant entre elles, une chaîne d'information et une autre d'énergie :

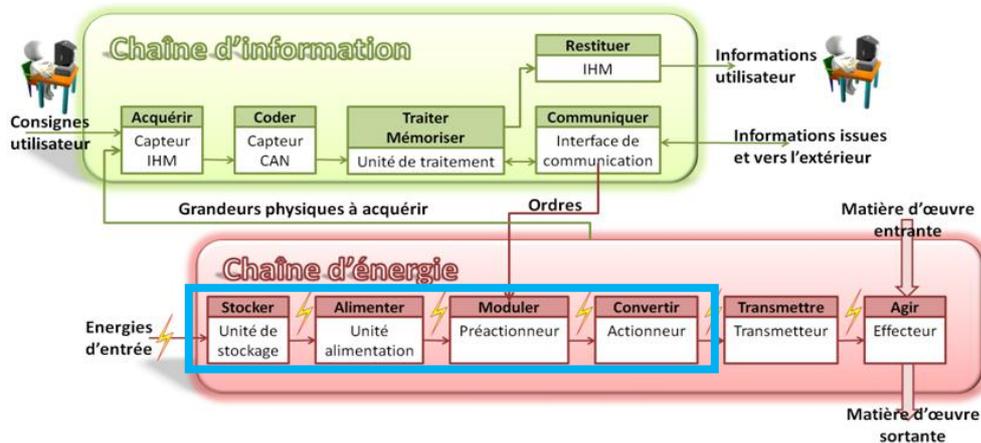


Figure.1. Représentation structurelle d'un système automatisé en chaîne d'énergie et chaîne d'information.

Concernant la chaîne d'énergie, elle comporte cinq fonctions génériques :

- **Alimenter** en énergie et **stocker**.
- **Moduler** ou **distribuer** cette énergie.
- **Convertir** ou **transformer** l'énergie.
- **Transmettre** l'énergie.
- **Agir** sur la matière d'œuvre.

On rappelle aussi que les blocs structurels de ces fonctions génériques sont liés par des liens de puissance/énergie caractérisés par deux grandeurs :

- Une grandeur "**effort**".
- Une grandeur "**flux**".

Ces grandeurs diffèrent selon la nature d'énergie :

Nature de l'énergie	Grandeur effort	Grandeur flux
Électrique	Tension $U$ (V)	Courant $I$ (A)
<b>Mécanique (de translation)</b>	<b>Force <math>F</math> (N)</b>	<b>Vitesse <math>V</math> (m/s)</b>
<b>Mécanique (de rotation)</b>	<b>Couple <math>C</math> (Nm)</b>	<b>Vitesse de rotation <math>\Omega</math>(rad/s)</b>
<b>Hydraulique / pneumatique</b>	<b>Pression <math>P</math> (Pa)</b>	<b>Débit volumique <math>Q_v</math> (m<sup>3</sup>/s)</b>
Thermique	Température $T$ (°C)	Flux d'entropie $Q_s$ (W/°C)

Figure.2. Grandeurs effort et flux pour différents types d'énergie.

Dans ce chapitre, on s'intéresse d'une part aux chaînes d'énergie **hydraulique-mécanique et pneumatique-mécanique**, d'autre part on n'explicitera que trois fonctions génériques :

- Alimenter et stocker.
- Moduler.
- Convertir.

## 2.2. Chaîne d'énergie hydraulique-mécanique :

L'énergie **hydraulique** est l'énergie fournie par le mouvement d'une certaine masse d'un liquide (huile, eau...etc.), il s'agit d'une énergie cinétique.

Cette énergie sera transformée en énergie mécanique selon la chaîne d'énergie suivante :

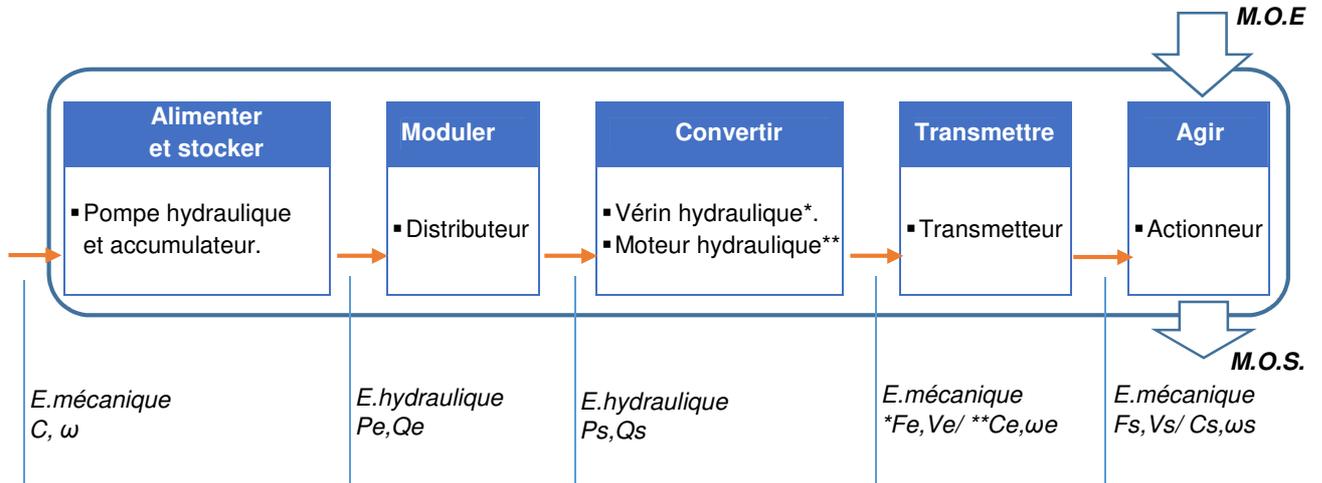


Figure.3. Représentation globale d'une chaîne d'énergie hydraulique-mécanique.

- La fonction alimenter et stocker est assurée par une **pompe hydraulique** entraînée par un moteur électrique ou thermique.
- La fonction moduler ou distribuer est assurée par **un distributeur hydraulique**.
- La fonction convertir permet la conversion de l'énergie hydraulique en énergie mécanique linéaire, l'organe assurant ceci est **le vérin hydraulique**, on peut aussi convertir cette énergie en énergie mécanique rotative, l'organe assurant cela est **le moteur hydraulique**.

## 2.3. Chaîne d'énergie pneumatique-mécanique :

L'énergie **pneumatique** est l'énergie fournie par le mouvement d'une certaine masse de gaz (l'air par exemple), il s'agit d'une énergie cinétique.

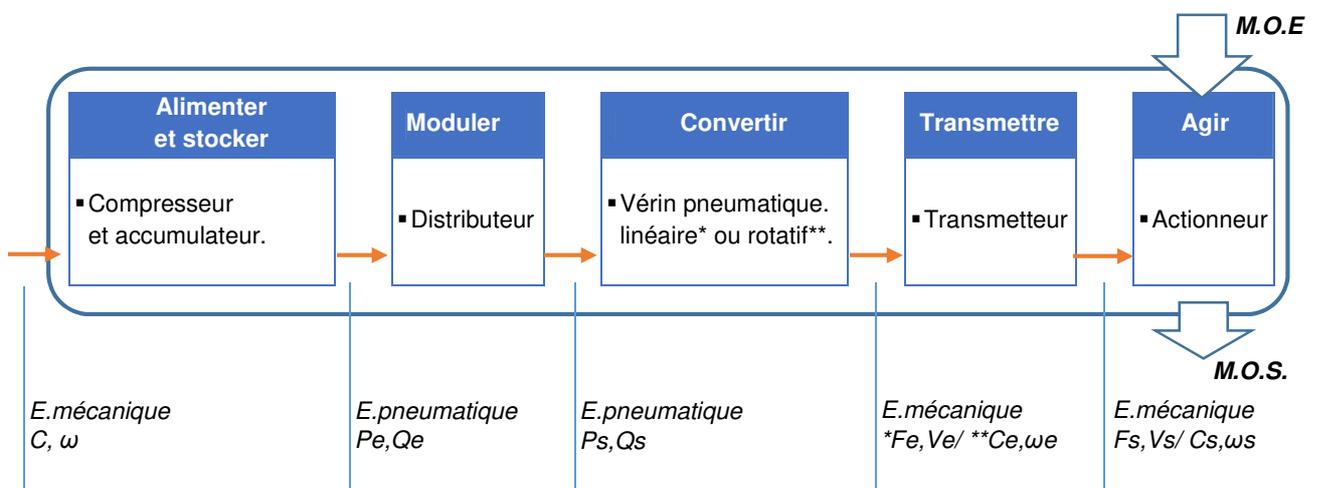


Figure.4. Représentation globale d'une chaîne d'énergie pneumatique-mécanique.

De même que précédemment, cette énergie sera transformée en énergie mécanique selon la chaîne d'énergie indiquée ci-dessus.

- La fonction alimenter et stocker est assurée par **un compresseur**.
- La fonction moduler ou distribuer est assurée par **un distributeur pneumatique**.
- La fonction convertir permet la conversion de l'énergie pneumatique en énergie mécanique, l'organe assurant ceci est **le vérin pneumatique**.

Dans la suite, on étudiera de manière explicite les composants structurels assurant ces fonctions.

### 3. Alimenter en énergie et stocker :

#### 3.1. Alimenter en énergie hydraulique et stocker :

##### 3.1.1. Pompe hydraulique :

Une pompe "hydraulique" est un **organe mécanique qui permet d'assurer le mouvement d'un liquide en l'aspirant et en le refoulant**, on parle de **générateur de débit**.

Une conséquence immédiate est l'augmentation de la pression en sortie due à la résistance au mouvement rencontrée par le liquide dans le circuit.

#### A. Caractérisation d'une pompe hydraulique :

Une pompe est caractérisée par :

- **Le débit Q** : volume de liquide fourni pendant une seconde (unité : m<sup>3</sup> /s).
- **La pression** fournie en sortie.

D'autres grandeurs sont utiles pour une caractérisation complète de la pompe :

- **La cylindrée (Cy)** : volume du fluide déplacé lors d'un tour du rotor de la pompe (unité : m<sup>3</sup> /tour).

Le débit peut être déduit de la cylindrée par la relation suivante :

$$Q(\text{m}^3/\text{s}) = \text{Cy}(\text{m}^3/\text{tour}) \cdot N(\text{tour}/\text{s})$$

Avec, N : la vitesse de rotation du rotor de la pompe.

- **La puissance P** :

$$P(W) = Q(\text{m}^3/\text{s}) \cdot \Delta P (\text{pa})$$

Avec,  $\Delta P$  : la différence de pression entre la sortie et l'entrée de la pompe.

- **Le rendement  $\eta$** : rapport entre la puissance utile et la puissance absorbée (sans unité et <1).

$$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{absorbée}}}$$

**Remarque :**

- Pour **une pompe à six pistons** par exemple, la cylindrée Cy est le volume balayé par les six pistons lors d'un tour du rotor s'exprime :

$$\text{Cy} = 6 \cdot \text{course}_{\text{piston}} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

- $\text{Course}_{\text{piston}}$  : distance parcourue par un piston lors d'un tour du rotor de la pompe.
- D : diamètre d'un piston.

## B. Les types de pompes :

Il existe deux grandes catégories de pompes :

- Les pompes **centrifuges** : la mise en mouvement du liquide est assurée par la force centrifuge due à la rotation d'un rotor à aubes.
- Les pompes **volumétriques** : assurent le transfert d'un volume fermé de liquide.

Citons quelques exemples de pompes volumétriques :

### - Pompe à engrenages :

Principe de fonctionnement : Deux roues dentées (pignons) engrènent l'une par rapport à l'autre. Le fluide aspiré est transféré par l'extérieur des roues. Le contact permanent entre les deux pignons empêche le retour du fluide vers l'amont.

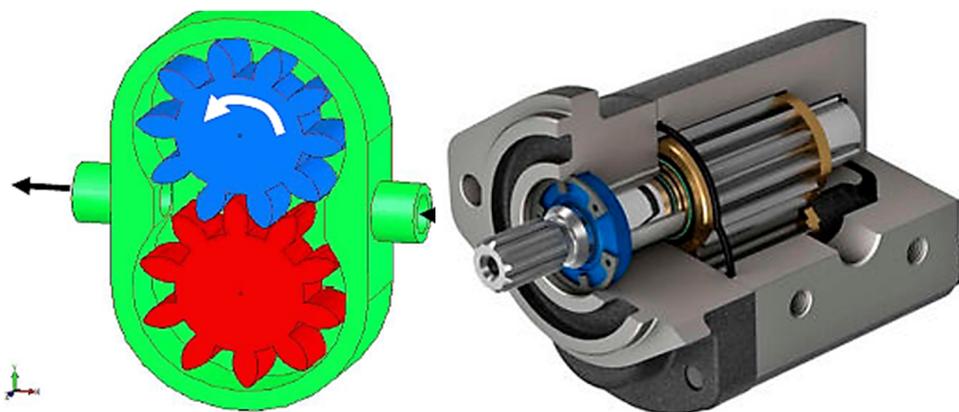


Figure.5. modèle spatial et mécanisme réel d'une pompe à engrenages.

### - Pompe à palettes :

Principe de fonctionnement : Le mouvement de rotation de l'arbre entraîne des palettes guidées en translation dans le rotor (arbre) dont l'extrémité est en contact avec le stator. Le liquide aspiré dans la chambre "entre deux palettes" est transféré puis refoulé par diminution du volume de cette chambre.

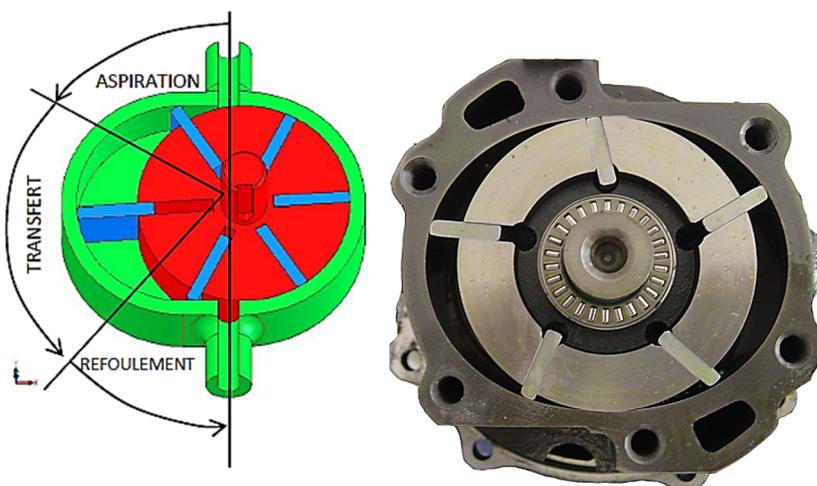
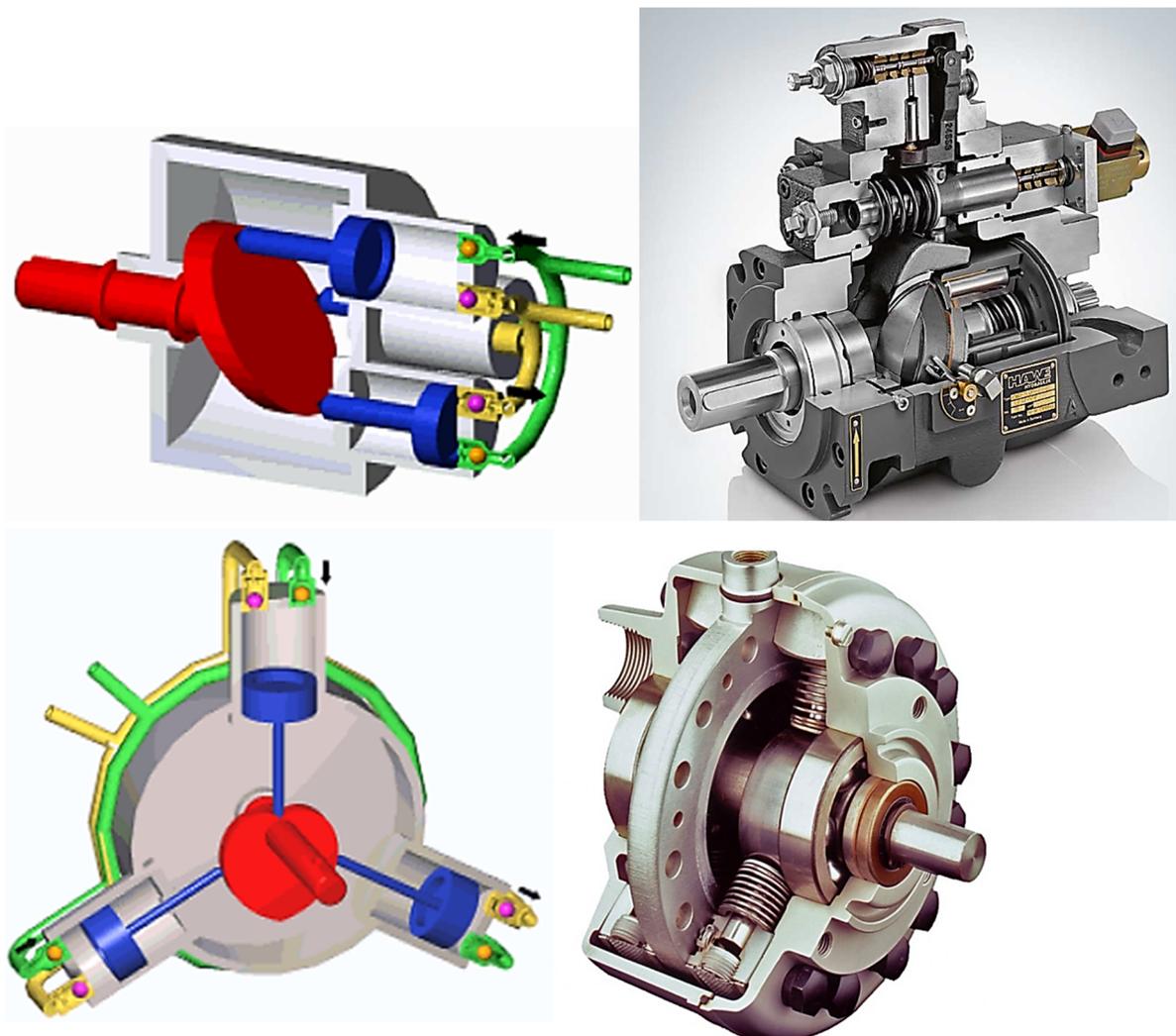


Figure.6. modèle spatial et mécanisme réel d'une pompe à palettes.

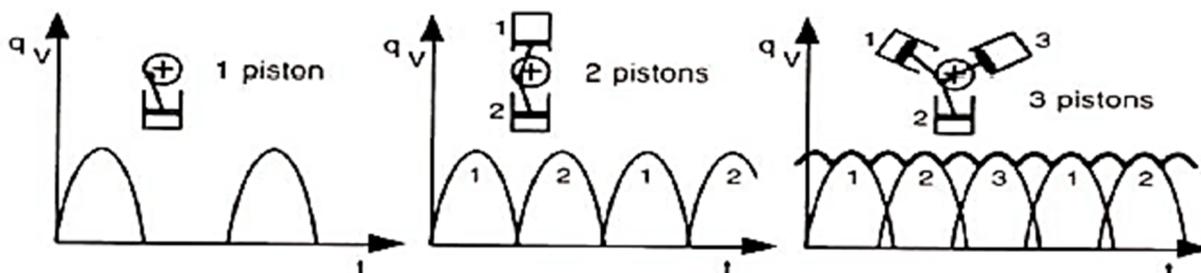
- **Pompe à pistons :**

Principe de fonctionnement : des pistons sont en mouvement de translation rectiligne alternatif, par l'intermédiaire d'un plateau incliné ou d'une came, aspirent le liquide sur  $\frac{1}{2}$  tour et le refoulent lors du deuxième  $\frac{1}{2}$  tour.



*Figure.7. modèle spatial mécanisme réel de pompe à pistons :  
en haut, pompe à pistons axiaux, en bas, pompe à pistons radiaux.*

Il est à noter, pour ce type de pompe, que la régularité du débit augmente avec le nombre de pistons utilisés, comme l'indique la figure suivante :



*Figure.8. Régularité du débit en fonction du nombre de pistons de la pompe.*

### C. Représentation schématique :

Une pompe est schématisée par le symbole suivant :



Figure.9. représentation schématique d'une pompe.

### 3.1.2. Accumulateur hydraulique :

Le rôle des **accumulateurs hydrauliques** est de **stocker un certain volume de liquide sous pression** pour le restituer en fonction des besoins.

Ils sont utilisés pour pallier les aléas au niveau des circuits hydrauliques (freinage d'urgence, finalisation d'un mouvement, amortissement de chocs lors du démarrage par exemple).

#### A. Les types d'accumulateurs hydrauliques :

Il existe trois types d'accumulateurs hydrauliques :

- Accumulateur hydraulique à membrane.
- Accumulateur hydraulique à vessie.
- Accumulateur hydraulique à piston.



Figure.10. Les différents types d'accumulateurs hydrauliques.

#### B. Représentation schématique :

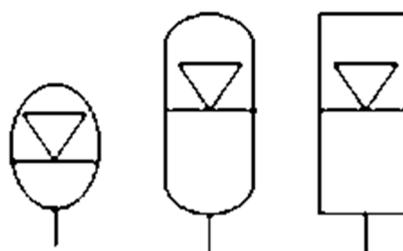


Figure.11. Représentation schématique d'un accumulateur hydraulique :  
De gauche à droite : à membrane, à vessie et à piston.

## 3.2. Alimenter en énergie pneumatique et stocker :

### 3.2.1. Compresseur :

Un compresseur est un **organe mécanique** qui permet d'augmenter la pression d'un gaz (souvent l'air) en le comprimant.



Figure.12. Compresseurs pour chantiers.

#### A. Représentation schématique :

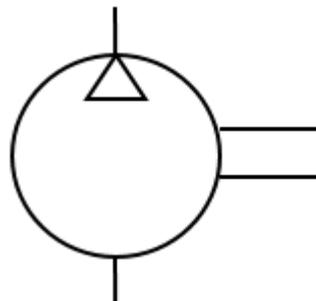


Figure.13. Symbole d'un compresseur.

#### B. Les différents types de compresseurs :

Trois grandes catégories existent :

- Les compresseurs « dynamiques radiaux », compresseur à spirale par exemple.
- Les compresseurs « dynamiques axiaux » concerne les compresseurs turbo.
- Les compresseurs « volumétriques », par analogie aux pompes volumétriques vues précédemment :

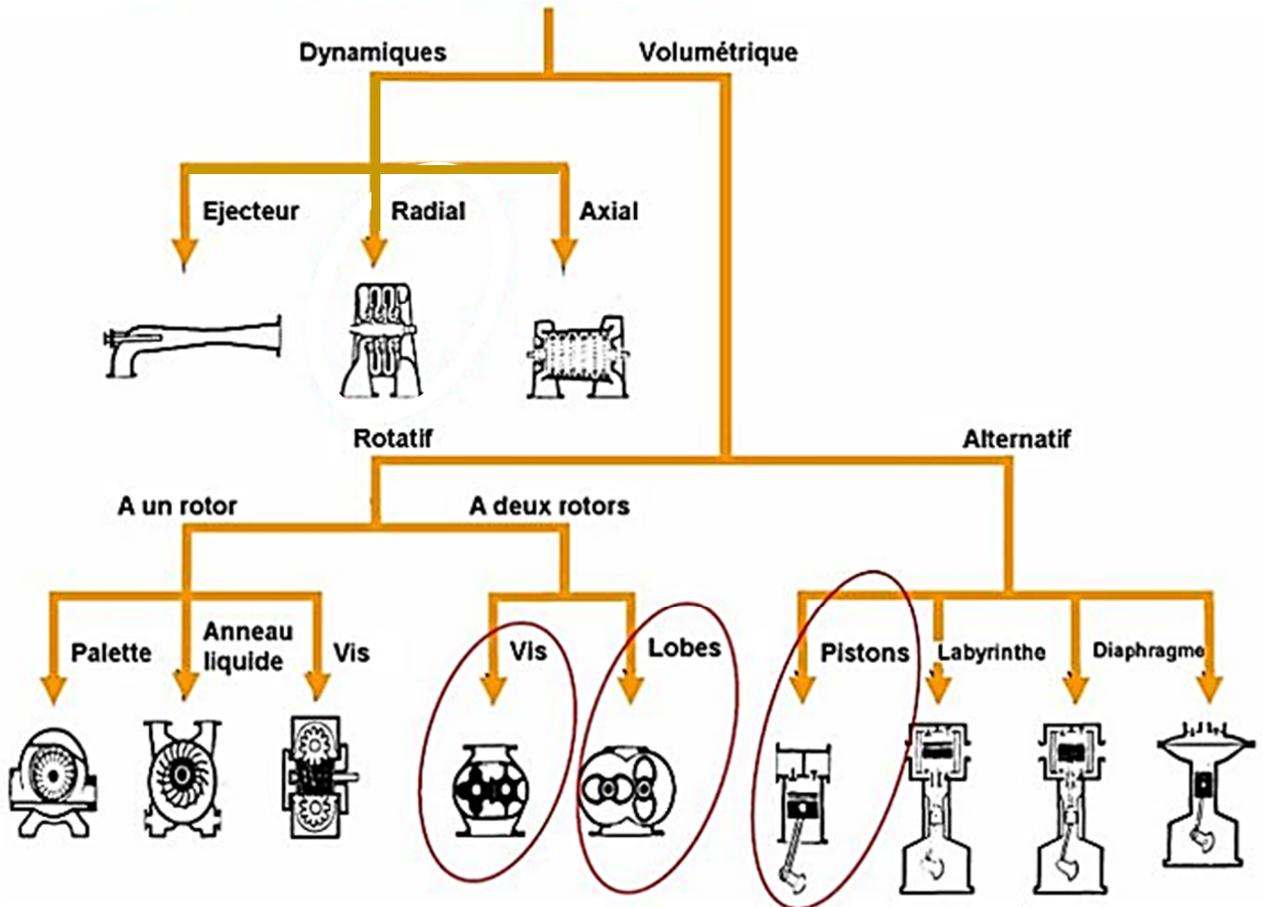


Figure.14. Les catégories et les types de compresseurs.

### C. Autres composants annexes :

Un compresseur intègre, en plus de l'unité de compression :

- Un réservoir pour stocker le gaz sous pression.
- Une unité de conditionnement FRL : filtre, mano-régulateur et lubrificateur, elle permet de filtrer les poussières, d'assécher l'air, de réguler la pression et de lubrifier.

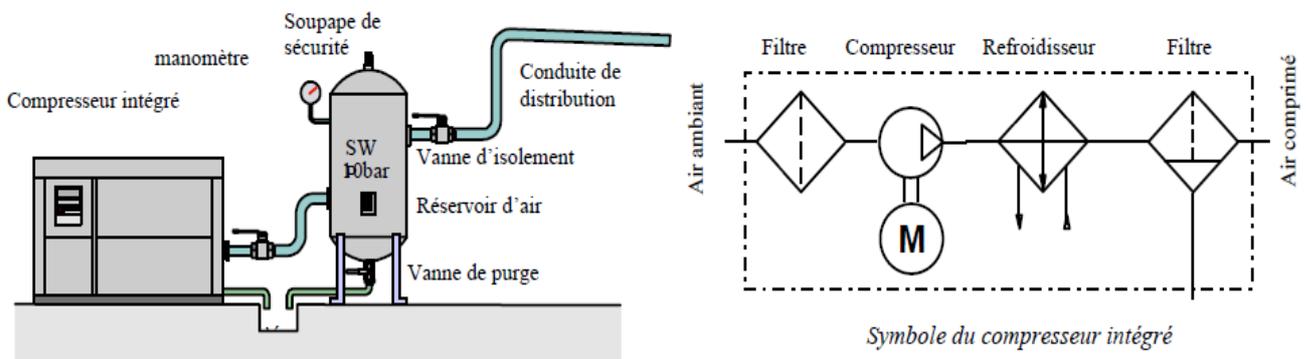


Figure.15. Compresseur intégré et composants annexes.