

## **Introduction :**

Il y a quelques années, le développement industriel, avec l'apparition de nouveaux moyens techniques, de nouveaux besoins, et surtout de l'automatisation, a offert à la technologie pneumatique un formidable essor. Dans l'industrie, le « pneumatique », associé à d'autres technologies, reste une pièce maîtresse des systèmes de production intensifs.

Son développement se poursuit et de nouveaux matériels viennent encore améliorer la production et la qualité des produits manufacturés.

Depuis une dizaine d'années, le tout pneumatique, c'est à dire commande et puissance assurées par l'air comprimé, cède le pas à l'électro-pneumatique. Ces deux technologies s'associent pour cumuler leurs avantages dans le domaine de la commande et de la puissance.

- ✓ Automatismes électro-pneumatiques : ils comprennent un circuit de commande constitué par des interfaces électro-pneumatiques et pneumo-électriques (pour assurer la conversion d'une source d'énergie en une autre) et des capteurs électriques (pour l'acquisition de données).
- ✓ Automatismes tout pneumatiques : ils comprennent un circuit de commande pneumatique agissant directement sur les distributeurs pneumatiques. Les capteurs sont de type pneumatique. Il n'y a plus d'interfaces. La structure de commande est homogène sur le plan énergétique.

Comme l'air comprimé présente plusieurs avantages (facilité de mise en œuvre, capacité à produire à des cadences soutenues, donc de faire baisser les coûts de production), on le retrouve dans de nombreux systèmes automatisés

### **VI.1.1 La composition de l'air**

L'air est composé d'azote, de gaz rares et de gaz carbonique. Des particules ou impuretés s'ajoutent à cette composition. Ce sont principalement :

- ✓ Les poussières
- ✓ La vapeur d'eau Elles sont nuisibles au bon fonctionnement des éléments d'un système.

### VI.1.2 Unité de pression

- ✓ L'unité légale est le pascal :  $1\text{Pa} = 1\text{ N/m}^2$
- ✓ L'unité usuelle est le bar :  $1\text{bar} = 1\text{daN/cm}^2 = 10\text{ N/cm}^2 = 10^5\text{ Pa}$
- ✓ L'unité Anglo-saxonne est le **PSI (Pound per Square Inch)** :  $1\text{bar} = 14.3\text{ PSI}$

#### Remarque :

Le niveau de pression utilisé par les systèmes de production se situe principalement entre **5 et 7 bars**. La production est stabilisée entre 7 et 8 bars pour compenser les pertes dans le circuit de distribution.

### VI.1.3 Unité de puissance

La puissance pneumatique s'exprime par :

$$P = p \cdot Q_v$$

Où :

**P** : est la puissance pneumatique en Watts (W),

**p** : est la pression en (pascal)

**Q<sub>v</sub>** : est le débit en (m<sup>3</sup>/s).

### VI.2 Production de l'air comprimée :

Une installation centralisée de traitement de l'air comporte en général :

- ✓ Un refroidisseur qui abaisse la température de l'air comprimé pour condenser la vapeur d'eau,
- ✓ Un sécheur qui élimine l'eau par séchage frigorifique ou par absorption,
- ✓ Un accumulateur pour répondre aux pointes de consommation.

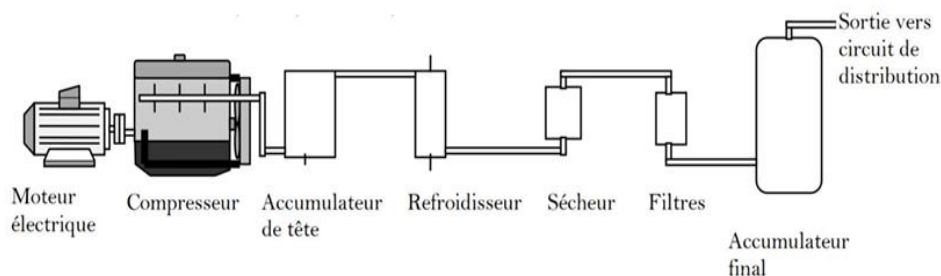


Fig. VI. 1 Installation centralisée de traitement de



Fig. VI. 2 Unité de production d'air comprimé.

## VI.3 Traitement de l'énergie

### VI.3.1 Traitement de l'air comprimé

L'air contient toujours de la vapeur d'eau. Lorsqu'il est comprimé, il s'échauffe et se refroidit ensuite dans le réseau de distribution, ce qui entraîne la condensation sous forme de brouillard, d'une partie de la vapeur d'eau. Cette eau se mélange à l'huile émise par le compresseur et aux poussières de rouille des tuyauteries du réseau. Malgré les précautions prises en amont, une partie de ces impuretés liquides et solides atteint les machines. Dans tous les cas, il y a donc lieu de filtrer l'air en entrée de machine et de retenir les impuretés liquides. Le compresseur de l'installation travaille entre une pression minimale (mise en marche) et une pression maximale (arrêt).

Sur chaque machine, cette fluctuation de la pression du réseau peut être accentuée par les variations de la demande en air des machines voisines. Pour obtenir une constance de travail des machines, il est donc important de réguler cette pression et de l'ajuster à la valeur optimale pour chaque machine.

Enfin, il est recommandé de lubrifier l'air à l'entrée des machines (Fig. VI.2) cela s'avère indispensable pour certains actionneurs tels les moteurs rotatifs pneumatiques. La lubrification est toutefois moins nécessaire pour les vérins (Fig. VI.3) : ces derniers évoluent vers un fonctionnement n'exigeant plus d'apport d'huile.

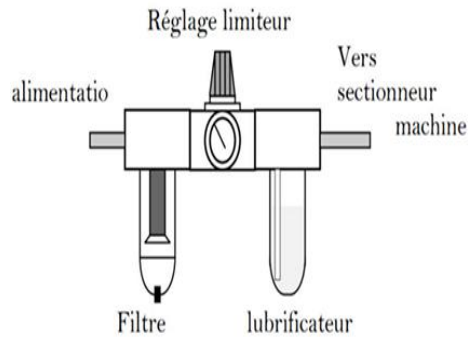


Fig. VI. 3 Traitement complet de l'air

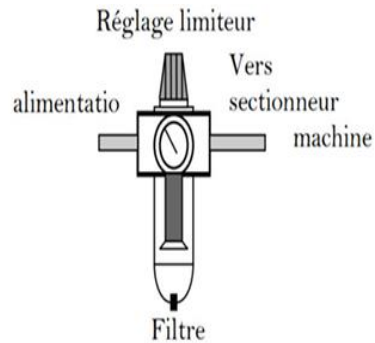


Fig. VI. 4 Ensemble filtre limiteur (sans lubrificateur)

### Qu'est-ce qu'un accumulateur ?

L'accumulateur est un réservoir de fluide sous pression disponible en permanence, il régularise la demande (réserve tampon). L'enveloppe souple, vessie gonflée avec de l'azote, emmagasine ou restitue à tout moment l'énergie transmise par le fluide.

**Utilisations :** accumulateur d'énergie, anti-bélier, amortisseur, compensateur...

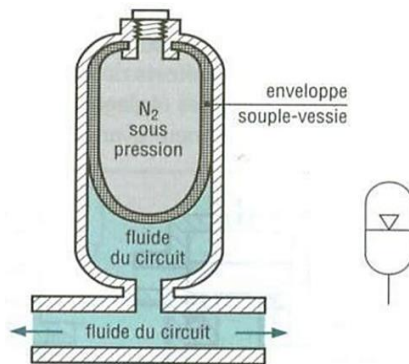
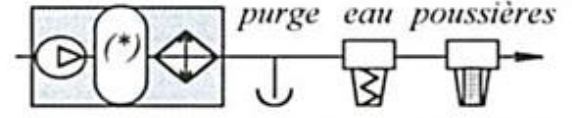
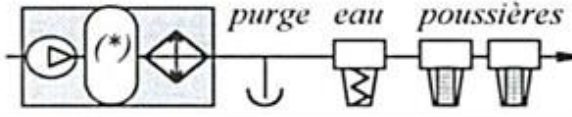
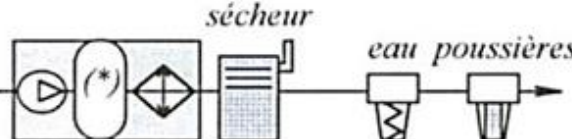
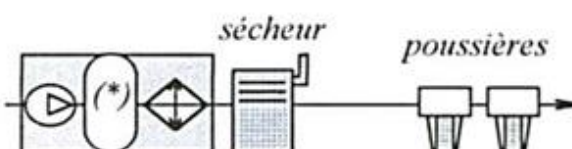
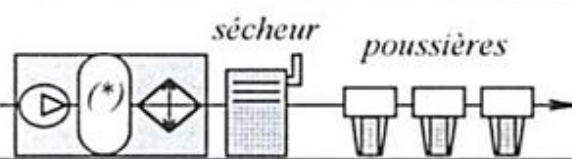
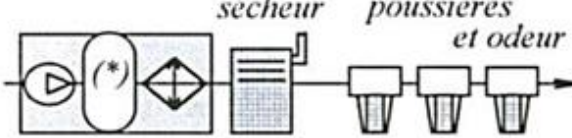


Fig. VI. 5 Accumulateur d'énergie pneumatique.

### VI.3.2 Niveau de filtration de l'air comprimé

Le domaine d'utilisation de l'air comprimé impose un niveau de filtration particulier.

La configuration de la production est fonction du besoin.

Niveau	Domaine	Besoin	Configuration
1	outillages simples	éviter l'abrasion et la corrosion	 <i>purge eau poussières</i>
2	outillages industriels	poussières < 0,3 μm	 <i>purge eau poussières</i>
3	peintures	air sec	 <i>sécheur eau poussières</i>
4	contrôle et mesure peinture de haute qualité	air sec et poussières < 0,3 μm	 <i>sécheur poussières</i>
5	mesure de précision industrie électronique peinture électrostatique	air sec et poussières < 0,001 μm	 <i>sécheur poussières</i>
6	industrie pharmaceutique et alimentaire	air sec, inodore et poussières < 0,001 μm	 <i>sécheur poussières et odeur</i>
7	cas particuliers	air très sec	déshydratation importante

(\*) : Ensemble compresseur-accumulateur-refroidisseur

## VI.4 Les modules de conditionnement

Indépendamment de l'attention apportée à la filtration de l'air lors de sa production et de sa distribution, chaque système, voire chaque partie de système demande une filtration particulière. De plus, la distribution ne permet pas toujours de supprimer :

- ✓ Une condensation dans le réseau
- ✓ Une fluctuation du débit et de la pression due aux variations de la consommation.

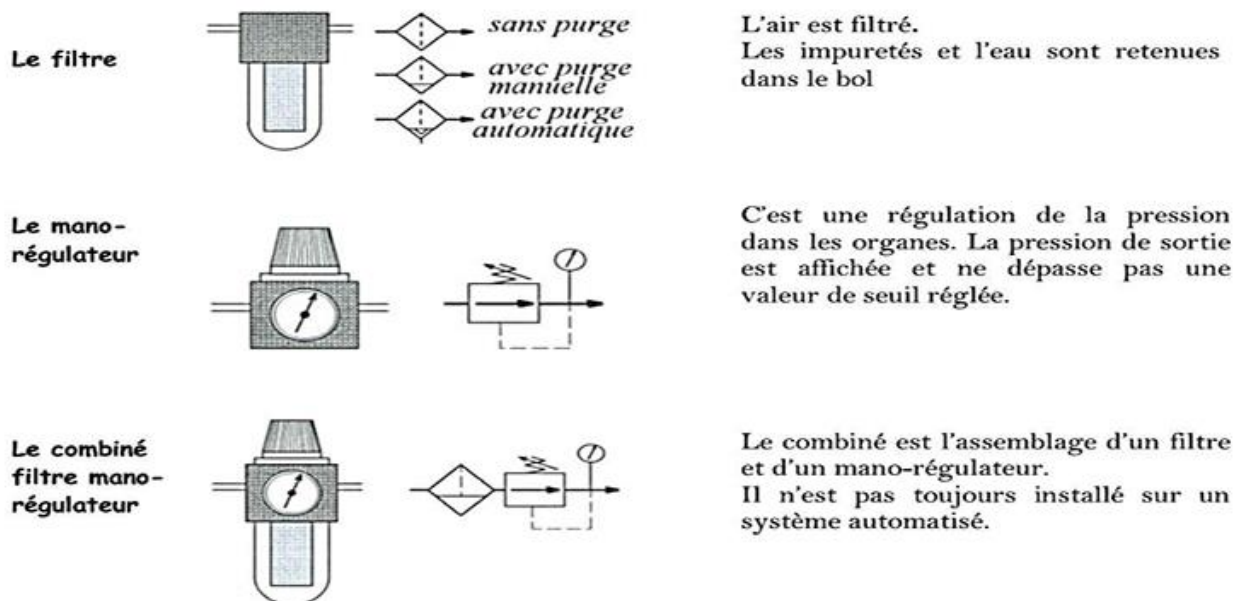
Différents éléments d'addition ou de purification placés en entrée des systèmes permettent :

- ✓ D'obtenir les teneurs minimales en impuretés
- ✓ D'ajuster les paramètres de débit et de pression
- ✓ D'assurer une lubrification pour certains organes.

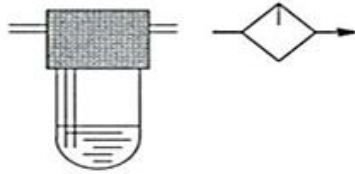
Il est souvent intéressant d'associer aux ensemble de traitement d'air les moyens de distribution contrôlant l'alimentation de l'ensemble de l'installation. On utilisera des sectionneurs modulaires 3/2 pour couper la pression et, si l'installation comporte des vérins importants, démarreur progressif pour redémarrer dans de bonnes conditions de sécurité.

### VI.4.1 Les différents composants

Ces composants font partie de chaque système. Ils se situent à l'arrivée de l'air comprimé.

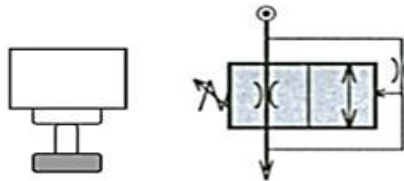


Le lubrificateur



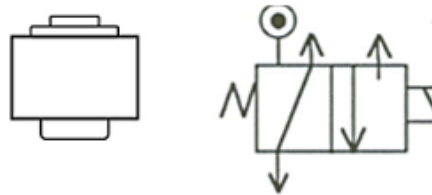
Un brouillard d'huile est additionné à l'air pour la lubrification de certains organes.

Le démarreur progressif



Il est complément optionnel d'un sectionneur général et permet la remise en route progressive et sans à-coup d'un circuit après purge. Il est installé essentiellement pour les mouvements dangereux.

Le sectionneur

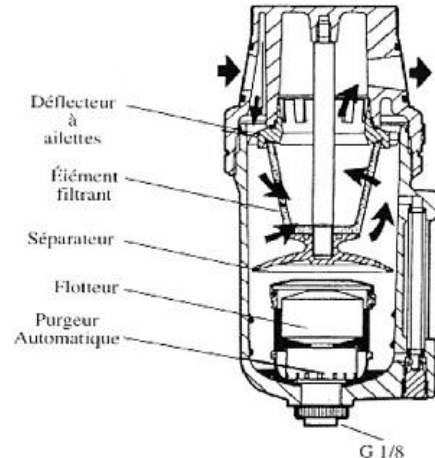


Il sert à la mise hors énergie du système lors d'arrêt d'urgence ou d'arrêt de production. A l'état repos, les actionneurs sont mis à l'échappement.

## VI.4.2 Principe de fonctionnement

### VI.4.2.a. Les filtres

Les impuretés sont retenues par centrifugation et par filtrage. La centrifugation est obtenue par des ailettes en forme de turbine. Le filtre est une paroi poreuse. Le calibrage est choisi par le débit d'air qui s'exprime par la taille des orifices. De façon simple, il est déterminé par la consommation du plus gros actionneur.

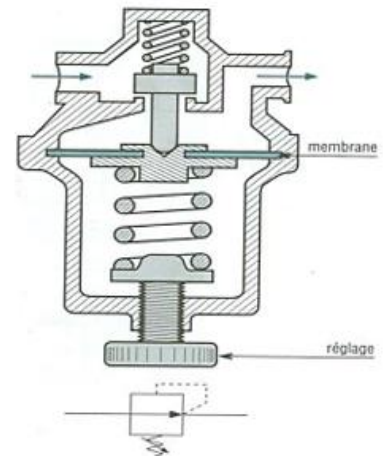


### VI.4.2.b. Les régulateurs de pression

La pression d'alimentation  $p_c$  fournie par le réseau est supérieure à la pression utile  $p_u$  dans le système. Le régulateur stabilise  $p_u$  malgré les fluctuations de la consommation en amont ou en aval.

Lorsque la pression augmente, le tiroir se ferme en comprimant le ressort.

- ✓ Sans débit, le tiroir se ferme dès que  $p_c > p_u$
- ✓ Avec débit, le tiroir ne se ferme pas totalement mais suffisamment pour créer une perte de charge.

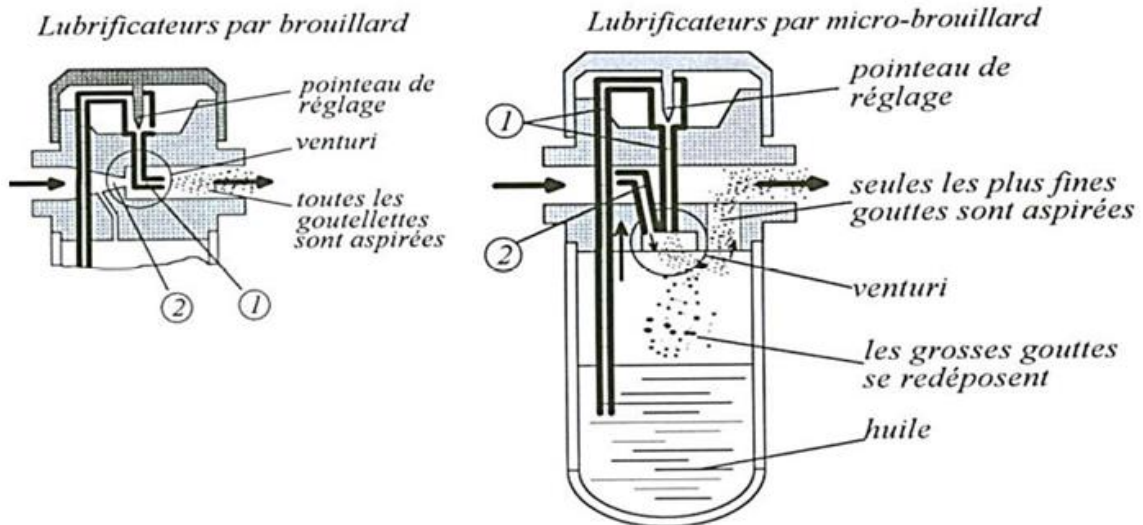


### VI.4.2.c. Les lubrificateurs

L'air comprimé passant dans le tube 2 crée une dépression (venturi) dans le **tube 1**. L'huile en réserve au fond du bol, est aspirée et se propage en fines gouttelettes en sortant du **tube 1**.

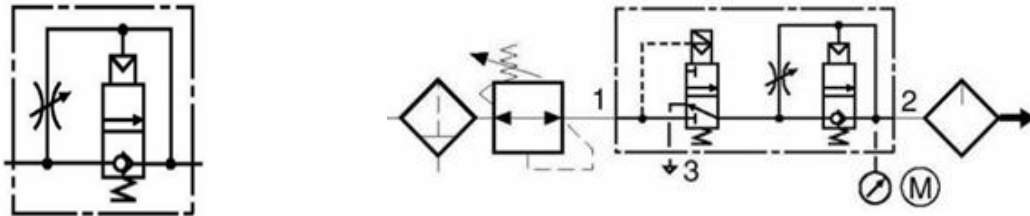
Il existe deux modèles :

- ✓ **Les lubrificateurs par micro brouillard** : les grosses gouttes se déposent dans le bol évitant ainsi une consommation importante.
- ✓ **Les lubrificateurs par brouillard** : la lubrification est plus importante.



#### VI.4.2.d. Les démarreurs progressifs

Ils servent à diminuer le débit d'air en appel à la mise sous pression lorsqu'il y a un risque de mouvement intempestif. Ils sont utilisés pour les vérins dangereux.



Lorsque la pression en A est nulle, le démarreur est en position repos. Au moment de la mise sous « pression », le débit est limité par l'étrangleur 1, et la pression reste faible.

Les vérins se déplacent à vitesse limitée jusqu'à ce qu'ils se bloquent en fin de course. Dès que tous les vérins sont à l'arrêt, la pression augmente jusqu'à déplacer le tiroir. Le démarreur progressif se déplace en position travail. Le passage de l'air devient libre.

Le retour en position de travail est amorti pour absorber les fluctuations de la pression en cours de cycle.

#### Remarque :

Il est important de placer le démarreur progressif après le sectionneur pour que le démarrage soit effectif à chaque coupure du sectionneur général.

#### VI.5 Les principaux organes de puissances

La norme précise que chaque appareil est dessiné dans la position qu'il occupe à l'état initial de l'installation. L'état initial de l'installation est après la mise sous pression et juste avant le départ cycle.

Les appareils de commande sont représentés en position de repos, c'est-à-dire sans information manuelle ou électrique.

Pour comprendre un système, ses fonctions et ses dysfonctionnements, il est important de bien connaître chacun de ses composants, son mode de fonctionnement, ses caractéristiques, son domaine d'emploi, ses dangers...

## VI.5.1 Les vérins

Les vérins ont un domaine d'utilisation bien particulier. Ils sont sûrs. La pression d'alimentation en air comprimée inférieure ou égale à 8 bars les rend peu dangereux.

### VI.5.1.a. Domaine d'utilisation

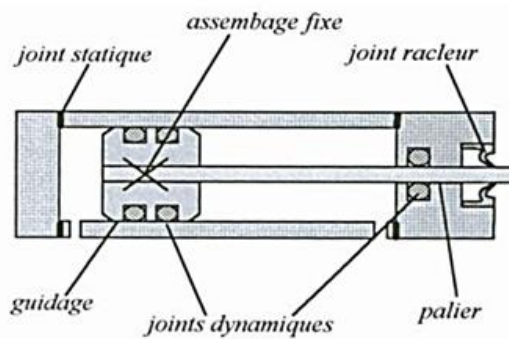
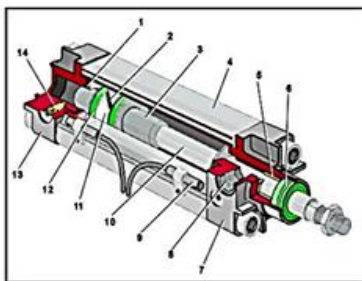
Le vérin est utilisé soit statiquement comme élément de serrage, soit dynamiquement comme élément de transport.

### VI.5.1.c. Diagnostic sur vérin

Le vérin est un élément sûr, si le conditionnement de l'air est satisfaisant. C'est l'un des derniers éléments à contrôler, d'autant plus que les tests sont difficiles à réaliser.

#### a) fonction d'un vérin

- ✓ **Le guidage** est assuré par le piston et le palier. Le palier supporte les efforts.
- ✓ **L'étanchéité** est assurée par des joints statiques et dynamiques. Un joint racleur est utilisé pour des ambiances corrosives.

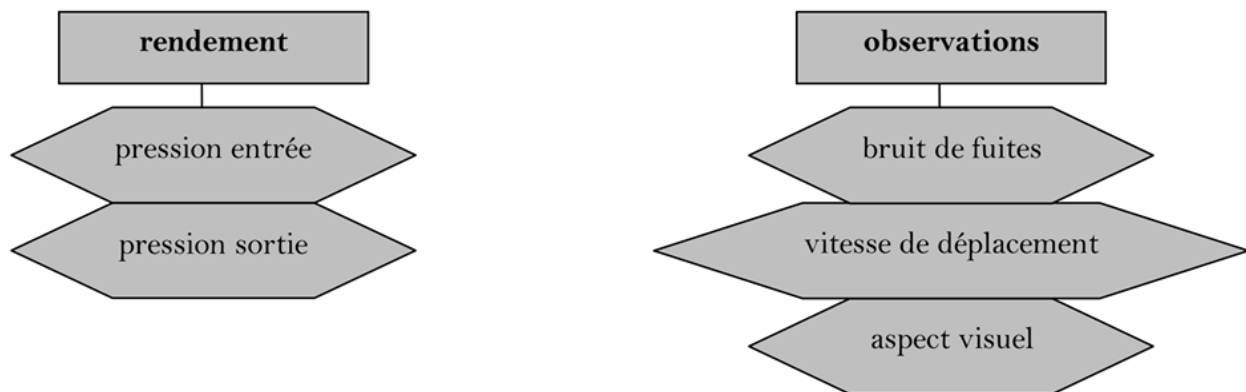


**b) principales défaillances**

<b>Effets</b>	<b>Causes possibles</b>	<b>Remèdes possibles</b>
La tige sort alors que la contre chambre est sous pression	les pressions sont équilibrées, le joint dynamique du piston est HS	vérifier l'étanchéité changer le vérin
La tige reste encrassée	le joint racleur est HS	changer le joint prévoir des protections
Il y a une perte d'énergie (faible) et fuite d'air	le joint dynamique de la tige est HS	vérifier le guidage et l'état de surface de la tige changer le joint
Il y a une perte d'énergie importante	le palier est usé	changer le palier
La tige est en travers	le piston et la tige sont désolidarisés	faire une étude des efforts

**c) tests de fonctionnement**

Les fonctions à contrôler sont liées à l'accessibilité et à l'environnement des vérins.

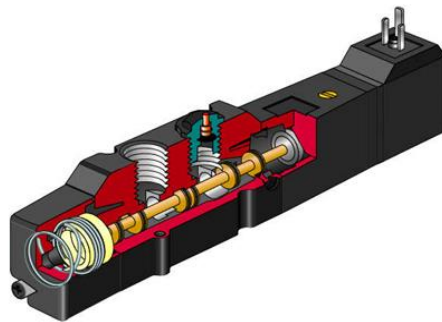
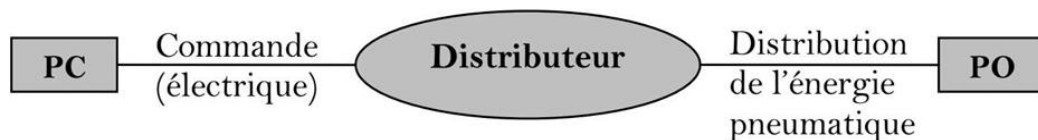


Les vérins ont un mode de dégradation lent généré principalement par l'usure.

- ✓ La maintenance préventive conditionnelle est réalisée soit par une mesure différentielle des pressions d'entrée et de sortie, soit par l'analyse des temps de cycle du vérin.
- ✓ La maintenance préventive systématique prévoit :
  - Soit le remplacement possible du vérin à une certaine échéance
  - Soit des visites systématiques des paliers et des joints pour des vérins importants.

## VI.6 Les distributeurs

Les distributeurs sont les organes principaux dans la recherche de diagnostic. Le test PC-PO détermine la partie défailante.



### VI.6.1 Exploitation

Ils sont utilisés pour commuter et contrôler la circulation des fluides sous pression, comme des sortes d'aiguillage. Ils permettent de :

- ✓ Contrôler le mouvement de la tige d'un vérin ou la rotation d'un moteur pneumatique (distributeurs de puissance)
- ✓ Choisir le sens de circulation d'un fluide (aiguiller, dériver, etc ...)
- ✓ Exécuter à partir d'un fluide, des fonctions logiques (fonctions ET, OU, mémoire, etc.)
- ✓ Démarrer ou arrêter la circulation d'un fluide (robinet d'arrêt, bloqueur...)

La symbolisation des distributeurs est donnée par la norme NF ISO 1219-15 E04-056 tel que :

✓ **Nombre de cases :**

Représente le nombre de positions de commutations possibles, par position.

S'il existe une position intermédiaire la case est délimitée par des traits pointillés.

✓ **Flèches :**

À une case l'intérieur des boîtes, elles indiquent le sens de circulation ou les voies de passage du fluide entre les orifices.

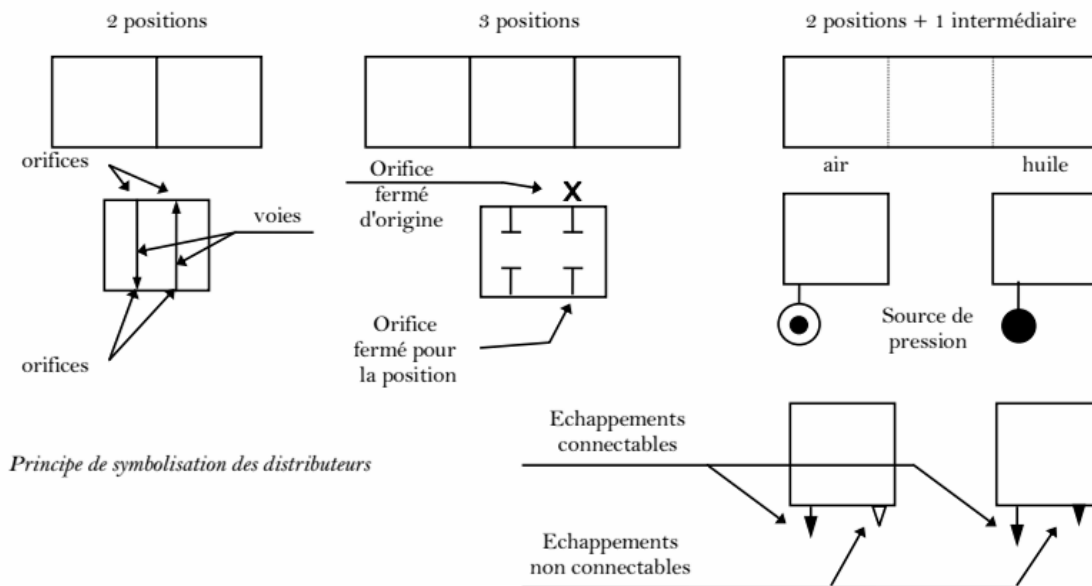
✓ **Source de pression :**

Elle est indiquée par un cercle noirci en hydraulique, avec un point en pneumatique.

✓ **Echappement :**

Il est symbolisé par un triangle noirci en hydraulique, clair en pneumatique.

Un triangle accolé à la boîte signifie que l'air est évacué à l'ambiance. Un triangle décalé, au bout d'un trait, précise une évacuation possible à partir d'une canalisation connectable.



**Position initiale :**

Les lignes de raccordement entre réseau et distributeur aboutissent toujours à la case symbolisant la position initiale ou repos, cette case est placée à droite pour les distributeurs à **2 positions**, au milieu pour ceux à trois positions.

**Les orifices** sont repérés par des lettres en hydraulique et par des chiffres en pneumatique.

Les voies de circulation à l'intérieur des cases dépendent de la position repos. Pour les schémas, choisir de préférence des tiges de vérins sortant de gauche à droite ou de bas en haut.

### VI.6.3 Désignation des distributeurs

Elle tient compte des points suivants : nombre d'orifices et nombre de positions, les distributeurs sont désignés par leur nombre d'orifices suivi par leur nombre de positions.

**Exemple : 5/2** signifie distributeur à **5 orifices** et **2 positions**.

Distributeur normalement fermé (**NF**) :

Lorsqu'il n'y a pas de circulation de fluide à travers le distributeur en position repos (ou initiale), le distributeur est dit normalement fermé.

Distributeur normalement ouvert (**NO**) :

C'est l'inverse du cas précédent, au repos il y a circulation du fluide à travers le distributeur.

**Distributeur monostable :**

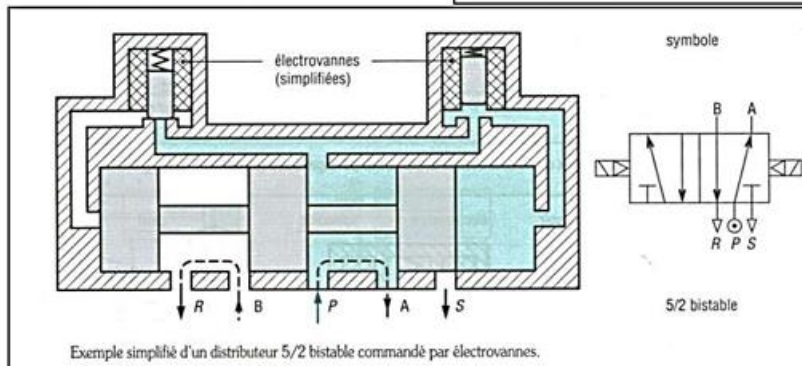
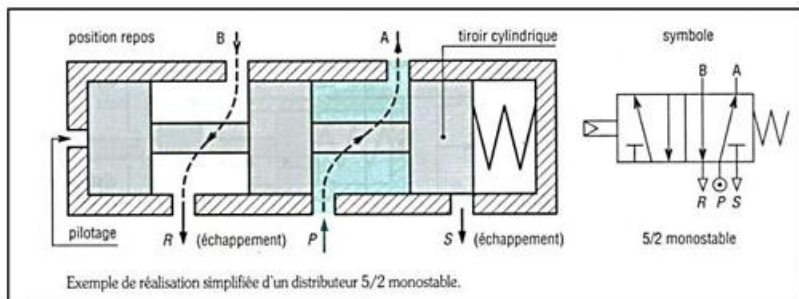
Distributeur ayant une seule position stable. Dans ce type de construction, un ressort de rappel ramène systématiquement le dispositif dans sa position initiale, ou repos, dès que le signal de commande ou d'activation est interrompu.

**Distributeur bistable :**

Admet **2 positions stables** ou **d'équilibre**.

Pour passer d'une position à une autre, une impulsion de commande ou de pilotage suffit pour provoquer le changement. Le maintien en position est assuré par adhérence ou par aimantation.

Leur fonctionnement peut être comparé à celui d'une mémoire à **2 états** : **1** ou **0**, **oui** ou **non**.



### Désignation des orifices :

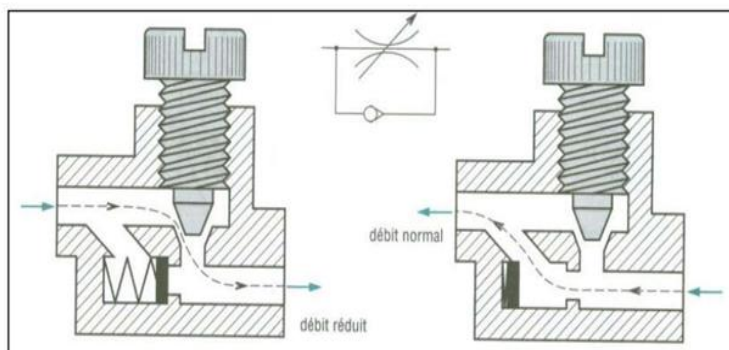
Les distributeurs sont utilisés à plusieurs niveaux de l'automatisme, il convient donc d'y apporter une attention particulière. De plus, le reste des composants formant ce même automatisme doit avoir également une désignation précise. On retrouve 2 types de désignations selon la méthode américaine ou la norme ISO :

Orifice ou raccord	Norme DIN ISO 5599 (International)	Système alphabétique (Nord Américain)
Alimentation en air comprimé	1	P
Échappement	3	R
Échappement	5	S
Sortie	2	A
Sortie	4	B

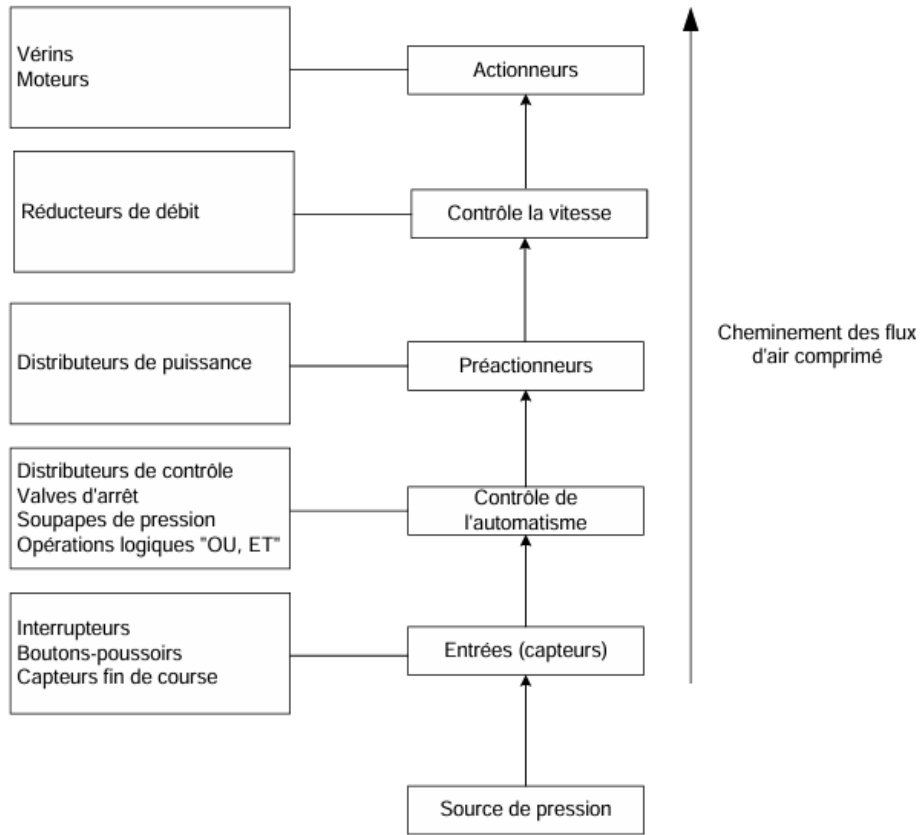
Orifice de commande		
Passage d'air comprimé : 1 vers 2	12	Z
Passage d'air comprimé : 1 vers 4	14	Y

### VI.7 Le réducteur de débit « étrangleur »

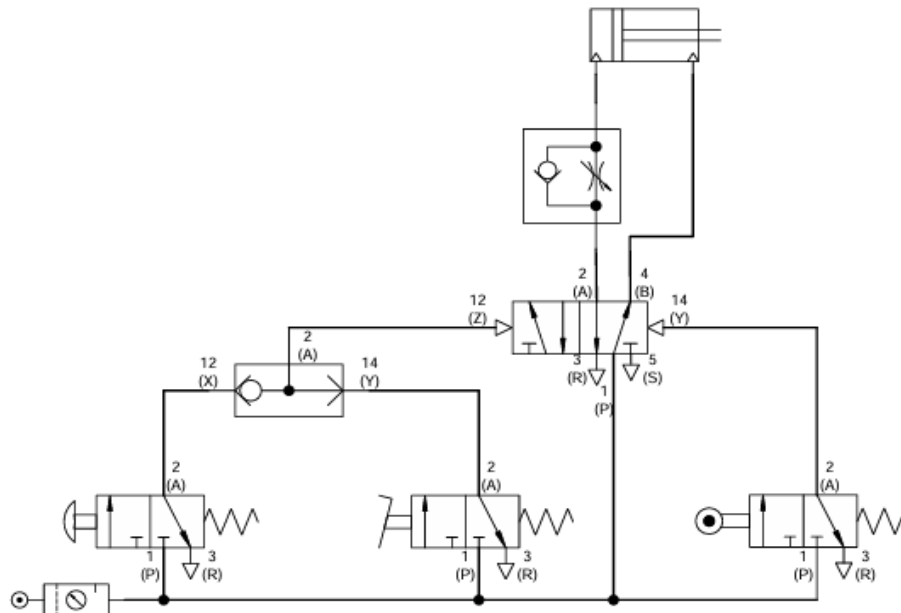
Très utilisé, placé entre le distributeur et le vérin, il contrôle le débit, c'est-à-dire la réduction, dans un seul sens de circulation et reste neutre dans l'autre cas.



**VI.8 Positionnement des composants selon le cheminement des flux :**



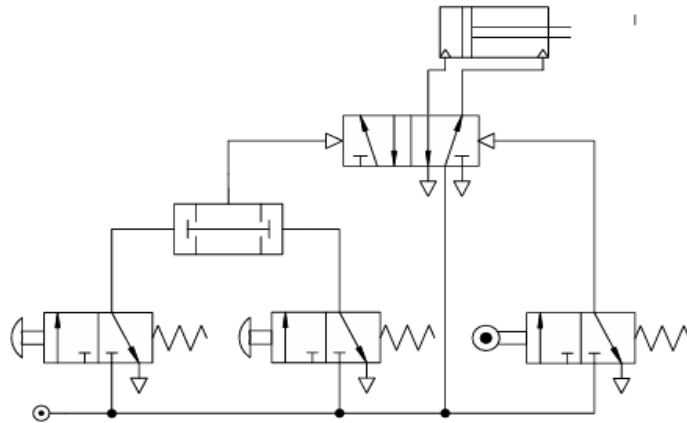
Le schéma correspondant sera le suivant :



### VI.9 Norme pour la schématisation

#### Exemple.

Inscrivez la numérotation des orifices ou des raccords.



#### Solution

