

L'ENERGIE PNEUMATIQUE

1. Mise en situation

L'air comprimé est une des formes les plus ancienne de l'énergie que l'homme a utilisé.

Les premières traces d'applications exploitant l'air remontent à plus de 2000 ans.

Pneumatique vient du mot grec « pneuma » qui signifie « vent » : *elle traite des phénomènes qui résultent de la dynamique de l'air.*

Bien connue depuis des siècles, il a fallu attendre le 19ème siècle pour en voir l'étude systématique et le 20ème pour que *la technologie pneumatique fasse son apparition dans toutes les branches de l'industrie.*



L'air comprimé est une énergie offrant de *nombreux avantages et permet de résoudre, de manière simple et rationnelle les problèmes de l'automatisation.*

2. Propriétés

- **PRESSION** : c'est la première grandeur, fondamentale, qui caractérise l'énergie pneumatique. On la mesure souvent en donnant *la différence avec la pression atmosphérique.*

PRESSION absolue = PRESSION relative + PRESSION atmosphérique.

L'unité de pression du système international (SI) est le *Pascal* mais l'unité usuelle en automatisme est le *bar*.

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 \quad 1 \text{ bar} = 1 \text{ daN/cm}^2 \quad 1 \text{ Pa} = 10^5 \text{ Pa}$$

La **pression de travail usuelle est de 6 bar**, ce qui correspond à une pression absolue d'environ 7 bar (puisque l'on considère que la pression atmosphérique est proche de 1 bar).

- **VOLUME** : l'indicateur d'un volume d'air n'a de sens **qu'accompagné de sa pression et de sa température**. Afin d'unifier les valeurs, on définit les conditions normale : température de 0°C et une pression de 1 atm (ou 1013 hPa). Le volume sera indiqué en **Normaux m³ (ou Nm³)**.
- **DEBIT** : sous les mêmes conditions que pour le volume normal, on définit le débit d'air en indiquant **le volume d'air qui traverse une section de canalisation par unité de temps**. Le **débit (Q)** sera exprimé en **Nm³/h**.

1. Caractéristiques

Quels sont les avantages de l'air comprimé ?

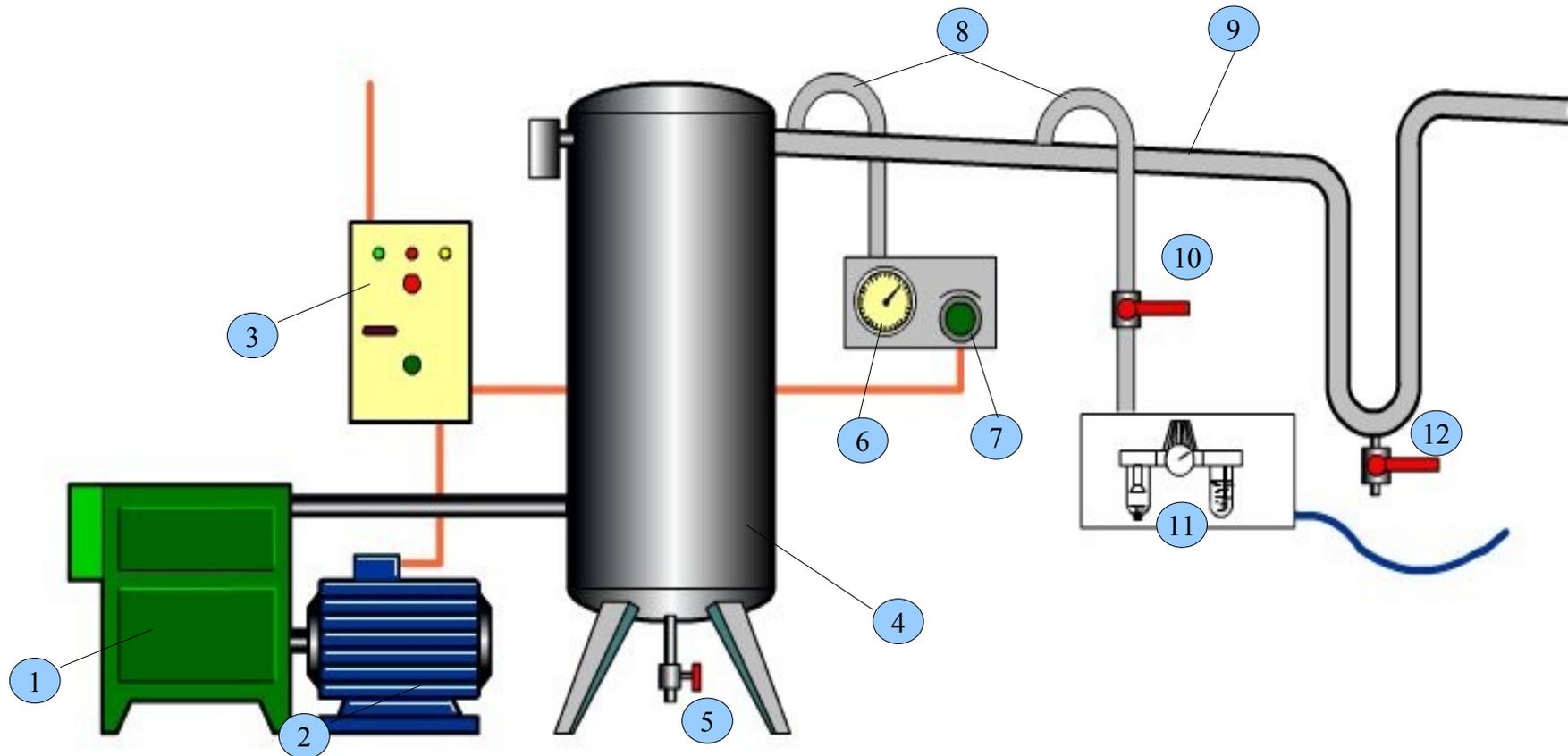
- Disponibilité : l'air est partout présent en quantité illimitées.
- Transport : l'air comprimé peut être facilement transporté à l'aide de canalisations.
- Stockage : l'air peut être emmagasiné dans des cuves et prélevé à la demande.
- Antidéflagrant et ininflammable : aucun risque d'explosion.
- Propreté : 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.

Quels sont les inconvénients de l'air comprimé ?

- 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 : de 6 à 8 bars. Au delà, le coût serait beaucoup plus important.
- Bruit : **les échappements d'air sont bruyants** et imposent l'installation de **silencieux**.
- Coût : la production et le traitement restent **d'un coup assez élevé**.

CENTRALE D'AIR COMPRIME

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



Les Composants constituant la centrale d'air comprimé

<i>Rep.</i>	<i>Désignation</i>	<i>Observations</i>
1	<i>Compresseur / Refroidisseur</i>	<i>Il est chargé d'augmenter la pression de l'air. L'augmentation de la pression de l'air provoque une élévation de température de l'air qu'il faut refroidir.</i>
2	<i>Moteur électrique</i>	<i>Il est chargé d'entraîner le compresseur.</i>
3	<i>Armoire électrique de commande</i>	<i>Elle chargée de commander le moteur en fonction des consignes de l'utilisateur et des informations fournies par le pressostat.</i>
4	<i>Réservoir</i>	<i>Il permet de stocker l'air comprimé par le compresseur pour ménager des temps d'arrêt et uniformiser le débit d'air dans l'installation.</i>
5	<i>Purge du réservoir</i>	<i>L'air comprimé contient de la vapeur d'eau qui finit par condenser dans le réservoir. Il convient de le purger régulièrement.</i>
6	<i>Manomètre</i>	<i>Il permet de mesurer la pression relative à l'intérieur du réservoir.</i>
7	<i>Pressostat</i>	<i>Il permet de définir la pression souhaitée dans le réservoir et de commander la mise en marche ou l'arrêt du moteur.</i>
8	<i>Piquages</i>	<i>Il permettent d'alimenter les unités de production. Ils sont réalisés par le dessus de la canalisation principale afin d'éviter la condensation.</i>
9	<i>Canalisation</i>	<i>La canalisation principale, si possible en boucle pour équilibrer les pressions, suit une légère pente (1 à 3 %) afin que la condensation s'écoule vers un coude qui comporte un réservoir et une purge.</i>

10	<i>Vanne d'isolement</i>	<i>Elle permet d'isoler l'installation de la distribution générale en énergie pneumatique.</i>
11	<i>Groupe de conditionnement (bloc FR ou FRL)</i>	<i>Chaque équipement contient son propre groupe de conditionnement afin de Filtrer, Réguler et Lubrifier en fonction des besoins propres à l'équipement.</i>
12	<i>Vanne de purge</i>	<i>Chaque point bas est équipé d'un réservoir pour récolter la condensation et d'une purge.</i>



Photo Compair



LE CONDITIONNEMENT DE L'AIR COMPRIME

1. Problématique

Quelles que soient les précautions prises lors de l'élaboration de la centrale d'air comprimé, *la compression de l'air, son stockage et sa distribution font qu'il subsiste toujours des traces d'humidité et de fines particules en suspension.*

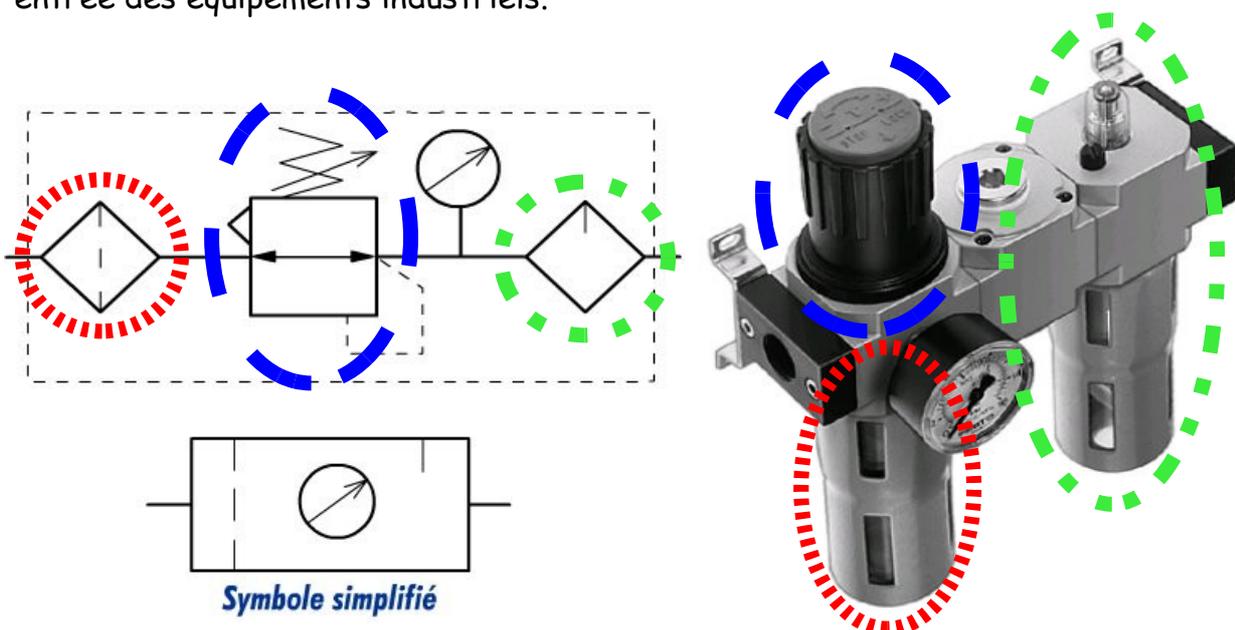
Par ailleurs, la compresseur ne fonctionne pas de manière continue et la pression dans le réservoir *fluctue entre deux valeurs fixées par le pressostat.* Cette variation peut être accentuée par la consommation de l'ensemble des appareils branchés sur le réseau de distribution.



2. Constitution d'un Groupe de Conditionnement

Afin de garantir une *disponibilité optimale* de la pression nécessaire avec un air le plus *pur* possible, *chaque équipement industriel* est équipé d'une *unité de conditionnement d'air* comportant, *au minimum, un filtre et un mano-détendeur.*

Dans certains cas, on adjoint *un huileur (ou lubrificateur)* pour lubrifier l'air à l'entrée des équipements industriels.



3. Caractéristiques des éléments constituant le groupe de conditionnement

Nota : Dans le langage des techniciens, le groupe de conditionnement d'air est parfois appelé bloc F.R.L. (pour Filtre Régulateur Lubrificateur)

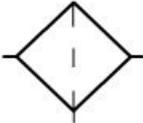
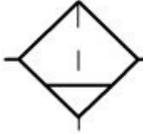
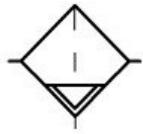
3.1) Les Filtres à air

Le filtre a pour rôle de **débarrasser** l'air comprimé de **toutes les impuretés et de l'eau condensée** en suspension afin de **protéger les équipements** de l'installation.

Selon la cartouche filtrante choisie pour le filtre, les impuretés retenues varieront de **0,01 µm à 40 µm**.

Il convient de **vider régulièrement le bol de la condensation récupérée** et de **nettoyer la cartouche** des impuretés qui pourraient **obturer** ses pores.

a) Symboles normalisés

		
<i>Filtre</i>	<i>Filtre avec séparateur de condensats à purge manuelle</i>	<i>Filtre avec séparateur de condensats à vidange automatique</i>

b) Formes commerciales



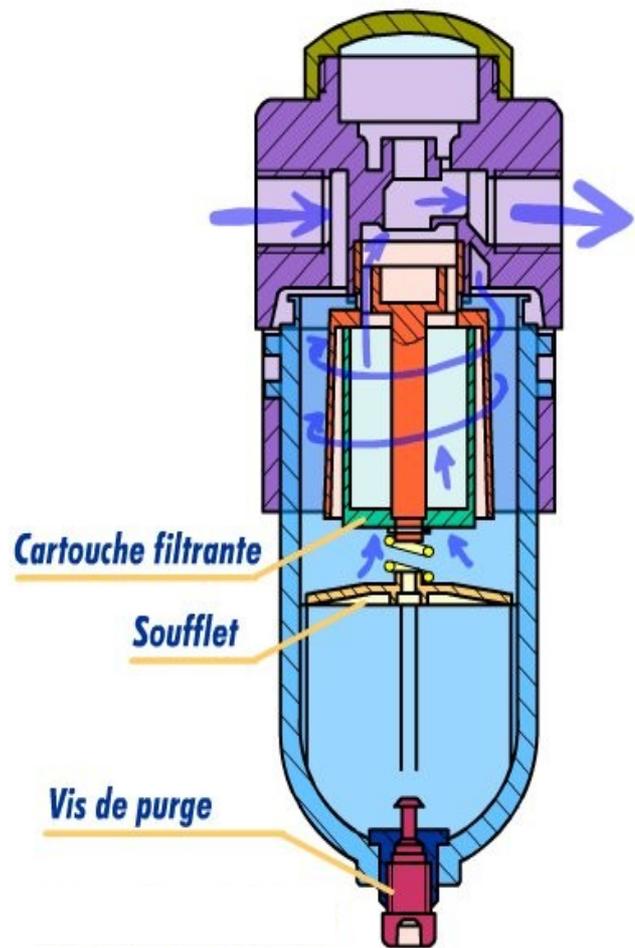
c) Principe de fonctionnement

Lorsque l'air comprimé entre dans la cuve (ou le bol), il est animé d'un **mouvement de rotation** par la forme des canalisations.

La force **centrifuge** permet d'éliminer **les particules liquides et solides** qui se déposent sur les bords et **glissent au fond** de la cuve.

Un **soufflet** retient ces **particules** au fond de la cuve (il convient cependant de **la vider régulièrement** afin que ces particules ne soient pas à nouveau entraînées dans l'air comprimé. Pour cela, la cuve est équipée d'une **vis de purge** ou d'une **purge automatique**).

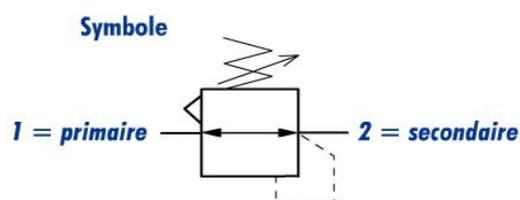
Une **cartouche filtrante** complète le dispositif pour **retenir les fines particules** qui subsistent en suspension dans l'air.

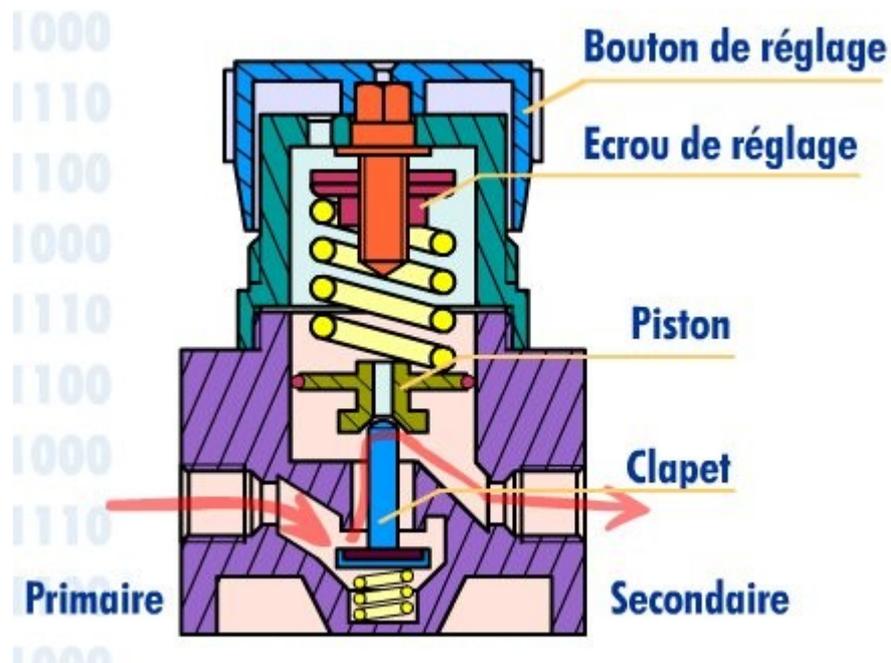


3.2) Le régulateur (détendeur / mano-détendeur)

Le régulateur de pression, ou détendeur, permet de **garantir une pression** de travail (pression du secondaire) aussi **régulière que possible** tant que la pression d'alimentation (pression du primaire) est **supérieure** à la pression demandée.

Le réglage de la pression souhaitée se fait **manuellement**.



a) principe de fonctionnement

La pression de travail souhaitée *est réglée en tournant le bouton de réglage* qui fait monter ou descendre l'écrou de serrage, ce qui *tend ou détend le ressort principal*. Le piston *est en équilibre entre la force du ressort et celle appliquée par la pression sur sa face inférieure*.

Le clapet est plaqué sur le piston par son ressort et *le passage de l'air est plus ou moins ouvert*.

Le régulateur de pression agit *en faisant varier le débit d'air au secondaire*.

La majorité des régulateurs (aussi appelés détendeurs) sont équipés d'un manomètre permettant de visualiser la pression relative délivrée au secondaire.



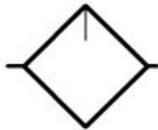
3.3) Le lubrificateur

Le lubrificateur *n'est pas systématiquement utilisé dans les installations*. Il est chargé *de lubrifier* l'air comprimé en *injectant un brouillard d'huile* dans le fluide.

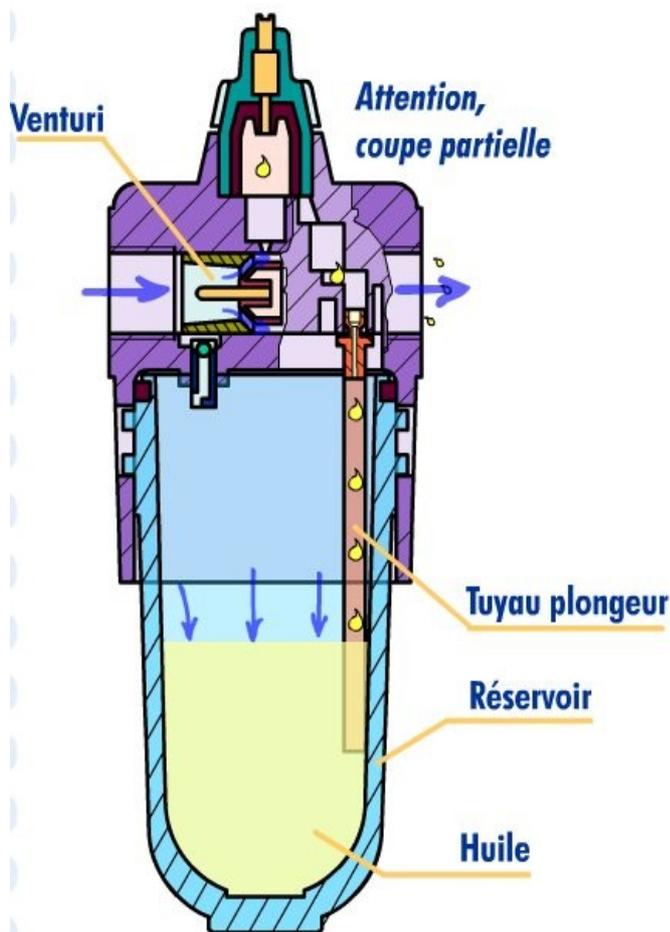
Ce brouillard d'huile ira se déposer *sur les surfaces en mouvement* des appareils pneumatique. Il participera à *leur lubrification, réduisant les forces de frottement et prévenant l'usure et la corrosion*.

Aujourd'hui, *les matériaux utilisés* pour fabriquer la majorité des vérins *permettent de se passer de lubrifiant*.

Symbole :



Principe de fonctionnement :



Les lubrificateur utilisent le plus souvent *l'effet « venturi »*.

La pression de l'air parcourant le lubrificateur va *augmenter la pression dans le réservoir d'huile et provoquer la montée de l'huile dans le tuyau plongeur*.

L'huile est mise en suspension dans l'air en mouvement (grâce à l'effet venturi) et est entraînée sous forme d'un fin brouillard mélangé à l'air comprimé.

Les gouttes trop grosses retombent dans le réservoir.

3.4) Le manomètre

Le manomètre est *l'appareil de mesure des pressions*.

Les manomètres les plus courants sont *à aiguille* (ils indiquent la *pression relative dans le circuit* : l'air comprimé agit sur un fin tube qui se déforme et provoque la déviation de l'aiguille).

Des *manomètres numériques* sont aussi présents sur le marché. Certains disposent d'interfaces qui permettent *d'acquérir leur mesure sur un ordinateur ou un automate*.



La mesure est faite en *BAR* ou parfois en *PSI (Pound per Square Inch)*, unité de pression américaine).

$$1 \text{ PSI} = 0,07 \text{ BAR}$$



Photo Keller

LE DEMARREUR PROGRESSIF

1. Rôle d'un distributeur de démarrage progressif

Ce *distributeur*, associé avec les unités de conditionnement d'air, *permet une mise en pression progressive d'une installation* après un arrêt ayant entraîné *la purge des canalisations*.

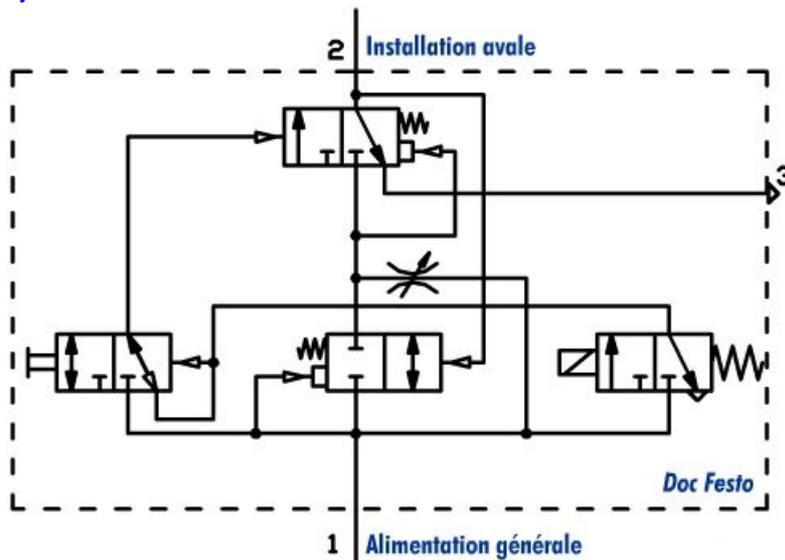
En effet, lorsque les canalisations sont toutes à la pression atmosphérique, *la mise en pression avec un débit trop important provoque une élévation de pression brutale et donc des coups de bélier dans les tuyauteries*.

Il y a un risque matériel.

Ce distributeur permet *une mise en pression progressive grâce à un débit d'air contrôlé*. Le *débit* deviendra *maximal* lorsque la pression dans l'installation aura dépassé *un seuil réglé* sur l'appareil.



Schéma de principe



2. Principe de fonctionnement

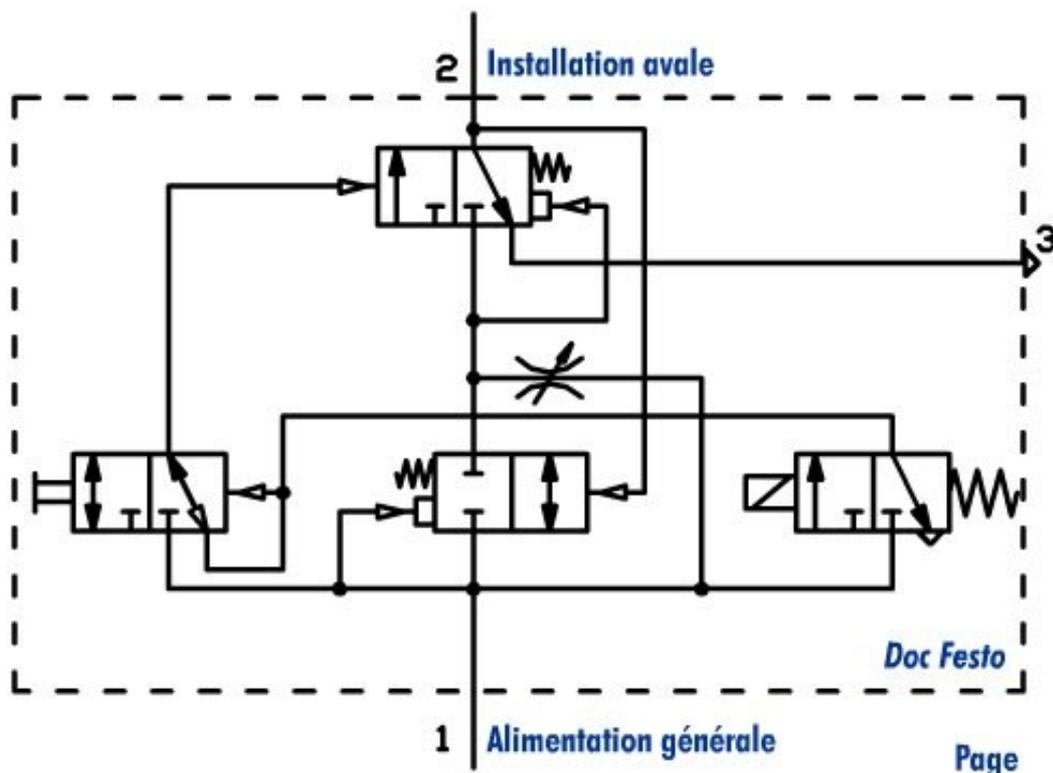
Chaque fabricant a adopté *sa propre technologie de fabrication*, mais le principe reste le même.

Le démarreur progressif comporte *un règleur de débit que l'on peut régler manuellement*.

Lorsque le démarreur est actionné *par une commande externe* (signal de pilotage électrique ou manuel), *l'air va être conduit obligatoirement à travers la restriction* et la pression va *s'établir très lentement* (d'autant plus lentement que le taux d'ouverture du règleur de débit est petit).

La canalisation principale, à plein débit, ne sera *mise en service par un distributeur que lorsque la pression aura atteint un seuil fixé par le fabricant* (50 à 70 % de la pression d'alimentation).

Il n'y a pas de symbole normalisé pour un tel distributeur : chaque fabricant a adopté sa propre technologie et propose sa représentation.



3. Les différentes phases de fonctionnement

Selon Asco Joucomatic

L'ensemble est constitué d'une vanne d'arrêt et d'un démarreur progressif qui ne commute que lorsque la pression de pilotage atteint environ 60 % de la pression de service.

Le régleur de débit permet d'ajuster la vitesse de remplissage de l'installation avale.

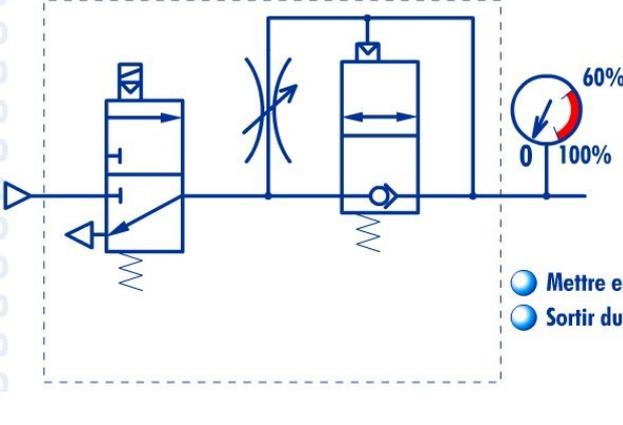
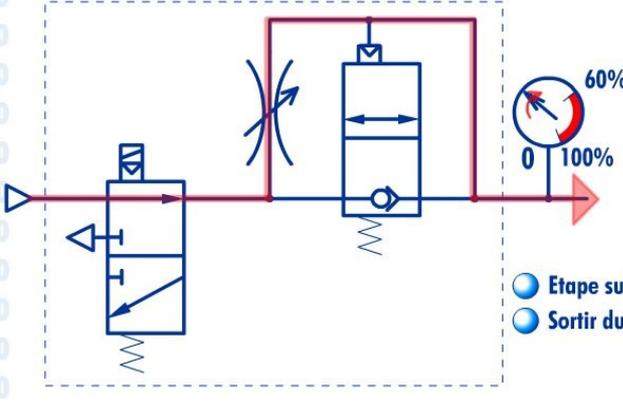
Schéma de principe	Commentaires
	<p>Le système est à l'arrêt, le régleur de débit est positionné à la valeur souhaitée.</p> <p>La pression dans le réseau est nulle.</p>
	<p>La vanne a été ouverte et l'air circule via le régleur de débit car le clapet anti-retour du démarreur est fermé.</p> <p>La pression augmente lentement.</p>

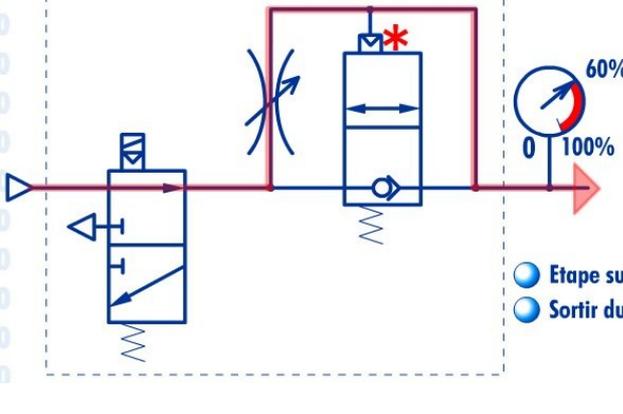
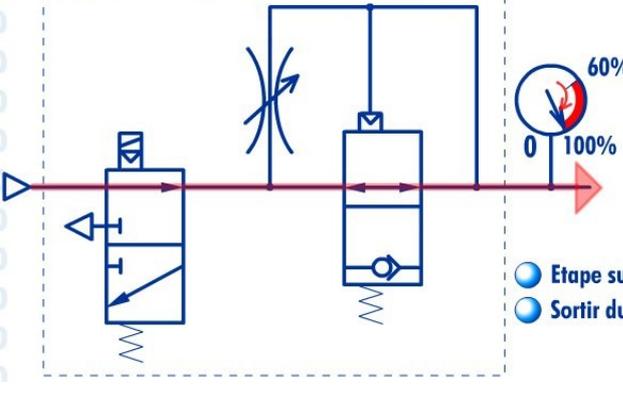
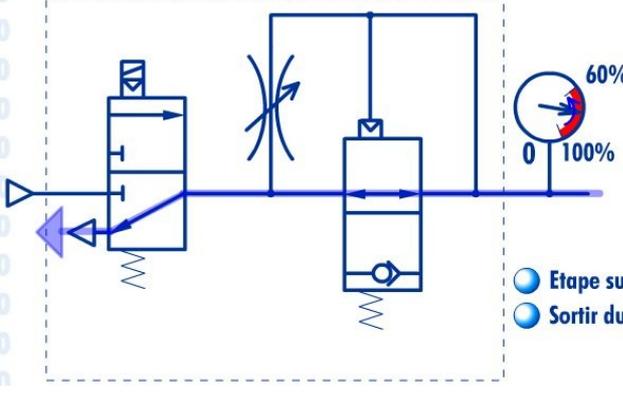
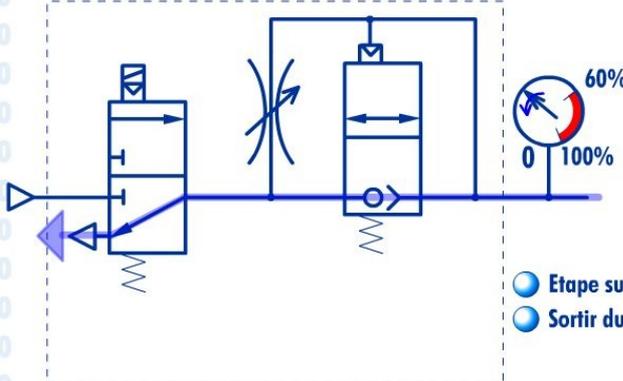
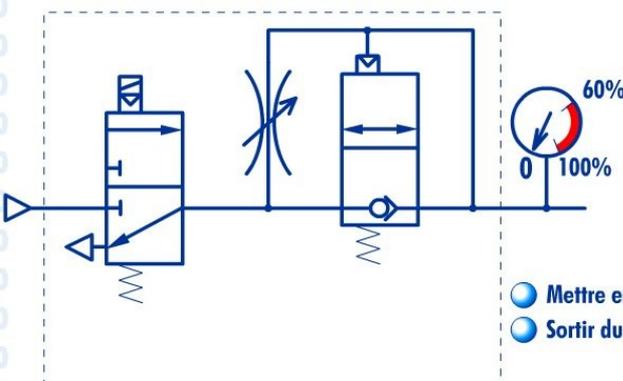
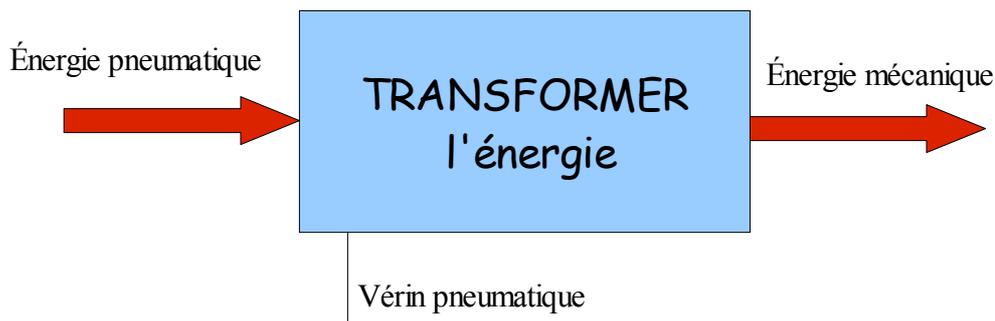
Schéma de principe	Commentaires
	<p>La pression dans le réseau atteint 60 % de la pression nominale, le démarreur va pouvoir basculer en position débit maximum.</p>
	<p>Le débit est maintenant au maximum et la pression augmente rapidement pour atteindre les 100 %.</p> <p>L'installation est opérationnelle.</p>
	<p>La vanne d'arrêt est fermée, l'air dans le réseau va s'échapper à travers le démarreur à plein débit.</p>

Schéma de principe	Commentaires
 <p>The diagram shows a hydraulic circuit with a valve on the left and a pressure gauge on the right. The valve is in its rest position, with a return spring. The pressure gauge shows a needle at 60%. A legend below the diagram indicates 'Etape sui' and 'Sortir du'.</p>	<p>La pression étant passée sous le seuil des 60 %, le démarreur revient à sa position repos mais le clapet anti-retour reste ouvert.</p> <p>L'échappement reste au débit maximum.</p>
 <p>The diagram shows the same hydraulic circuit as above, but the valve has shifted to the right, allowing the circuit to be purged. The pressure gauge now shows 0%. A legend below the diagram indicates 'Mettre en' and 'Sortir du'.</p>	<p>Le réseau est revenu à la pression atmosphérique, le clapet se ferme et le circuit est purgé, prêt à être remis en pression.</p>

LE VERIN PNEUMATIQUE

1. Rôle d'un vérin

Le vérin pneumatique fait partie des *actionneurs pneumatiques*.



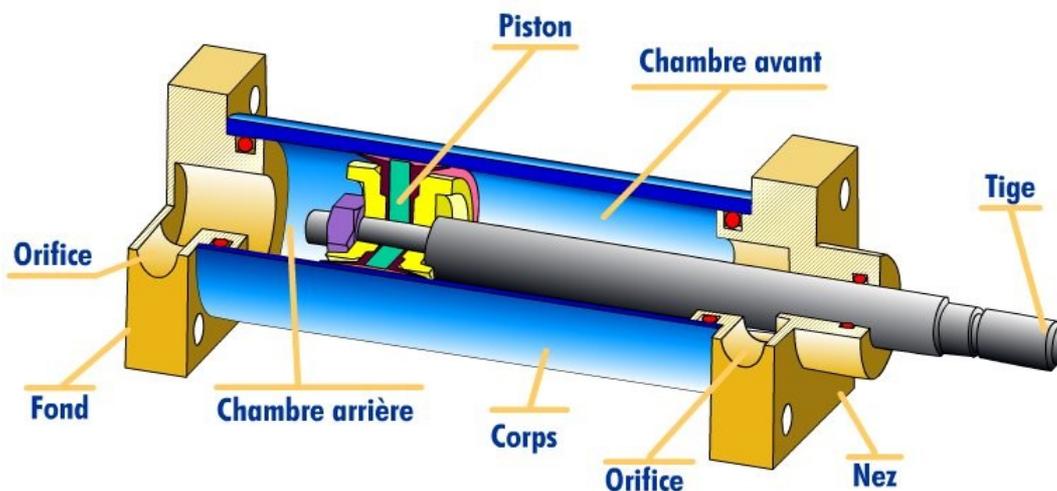
L'énergie mécanique est produite sous forme *d'un mouvement permettant de provoquer un déplacement ou de créer une force*.



2. Constitution d'un vérin

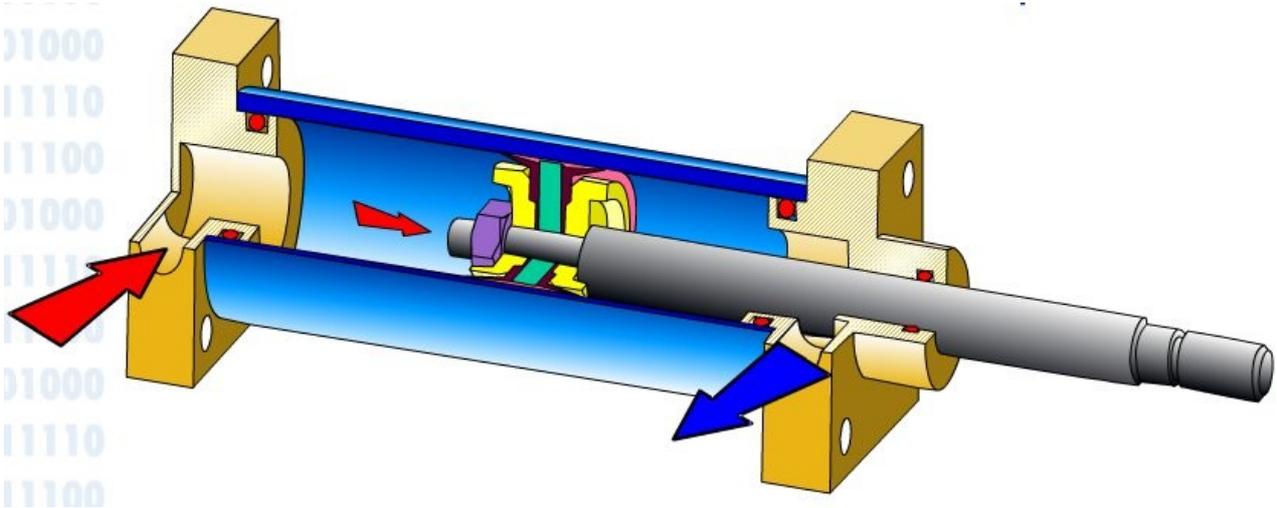
Quelque soit le vérin, son type et son constructeur, il sera constitué des mêmes éléments. Le *piston* est solidaire de la *tige* qui peut se déplacer à l'intérieur du *corps*. Le corps est délimité par *le nez et le fond* dans lesquels sont aménagés *des orifices d'alimentation en air comprimé*.

Les *espaces vides* qui peuvent être remplis d'air comprimé s'appelle *les chambres*.

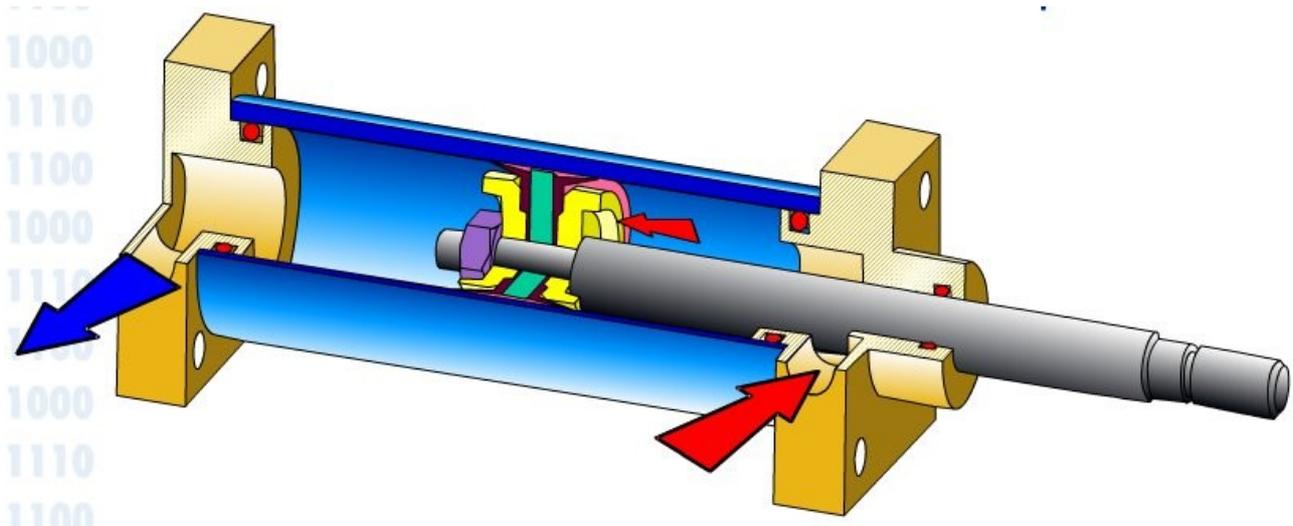


3. Principe de fonctionnement

C'est l'air comprimé qui, en pénétrant dans l'une des chambres, *pousse le piston*. La tige se déplace. L'air *présent dans l'autre chambre est donc chassé et évacué* du corps du vérin.



Le mouvement contraire est obtenu en *inversant le sens de déplacement de l'air comprimé*.

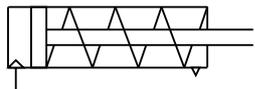
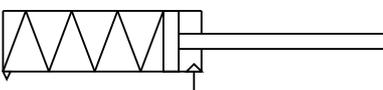


4. Les différents types de vérins

Il existe deux types de vérins pneumatiques :

- les vérins double effet (V.D.E.),
- les vérins simple effet (V.S.E.).

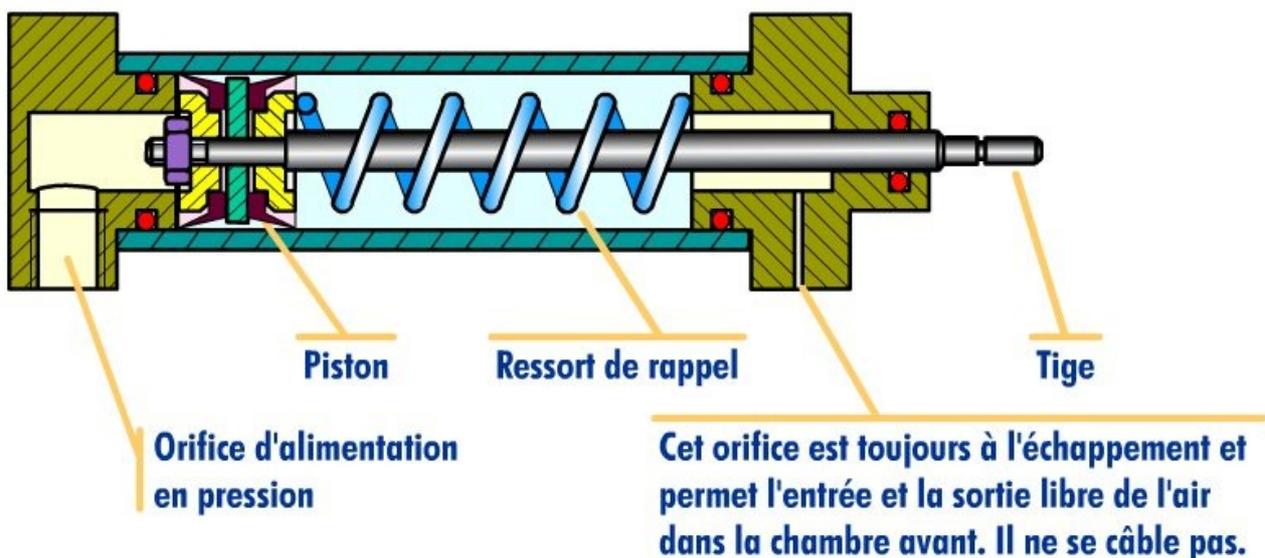
4.1) Les vérins simple effet

Vérin effet en poussant (à l'état repos, la tige est rentrée)	
Vérin simple effet en tirant (à l'état repos, la tige est sortie)	

Un des deux mouvements de la tige est obtenu à l'aide d'un ressort de rappel qui se comprime lorsque s'effectue l'autre mouvement.

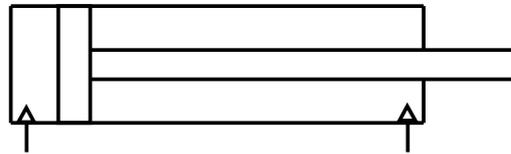
La position obtenue lorsque le ressort se détend (en absence d'air comprimé dans l'autre chambre) s'appelle la position repos.

Constitution d'un vérin simple effet (ici « en poussant »)



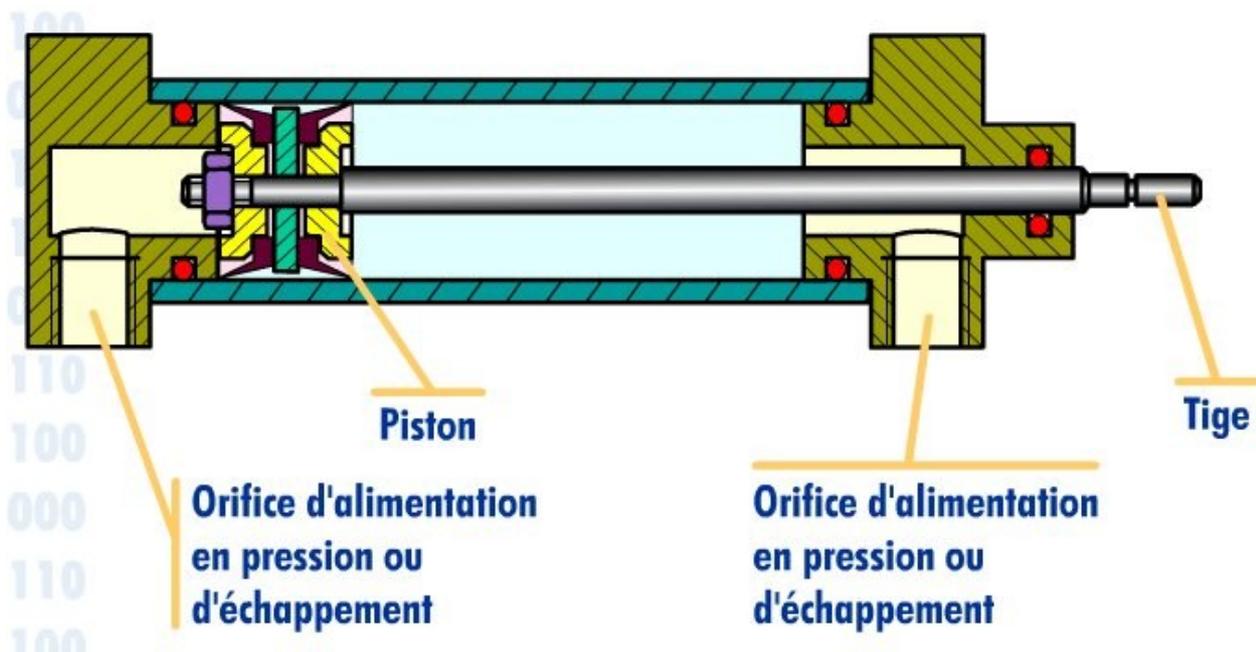
4.2) Les vérins double effet

Symbole normalisé



Le piston peut se déplacer librement dans le corps lorsqu'il est poussé par l'air comprimé.
 En l'absence d'air comprimé, il reste en position (tige rentrée ou sortie).

Constitution d'un vérin double effet



5. Les vérins spéciaux

Les fabricants proposent une grande variété de **vérins spéciaux** : **vérins rotatifs, vireurs, vérins sans tige, vérins à tige creuse, micro-vérin, vérins à faible course, vérins anti-rotation ...**

6. Caractéristiques et dimensionnement

Outre son type, un vérin se détermine en fonction de **paramètres de fonctionnement comme la force à développer et la vitesse de déplacement de la tige ou de critères techniques** (environnement, encombrement, utilisation particulière, amortissement en fin de courses...)

Les choix d'actionneurs conduisent **à des calculs** de comportement et de dimension et au choix **des composants supplémentaires**. Les catalogues des fabricants sont alors une aide précieuse.

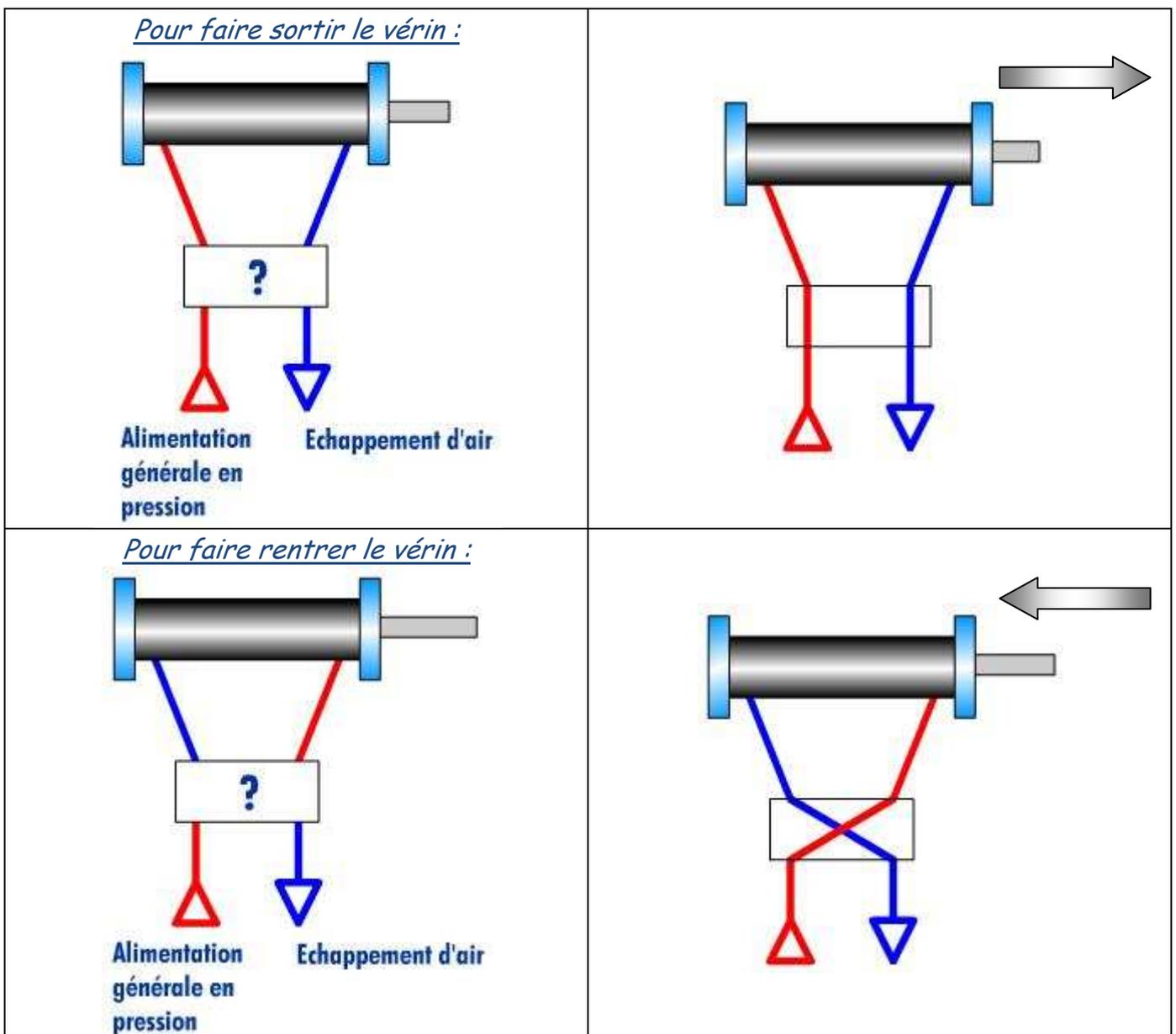
Quelques vérins spéciaux



1. Rôle du distributeur

Les *chambres* d'un vérin en fonctionnement, *doivent être, alternativement mises à la pression et à l'échappement.*

Il n'est *pas question de modifier les branchements* des différents tuyaux.

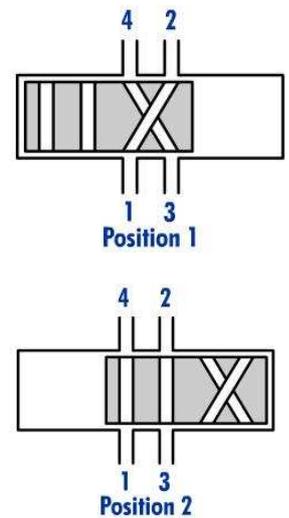


Le distributeur aura pour *rôle* de *réaliser les deux configurations possibles de branchement*, en fonction *d'un signal de commande extérieur.*

2. Principe de fonctionnement

Schématiquement, un distributeur sera constitué *d'un tiroir percé de canalisations*. Ce tiroir pourra occuper (en glissant) *deux positions différentes* à l'intérieur du corps.

Le corps est, lui-même, percé d'orifices qui *sont mis en communication deux à deux selon la position* occupée par le tiroir.

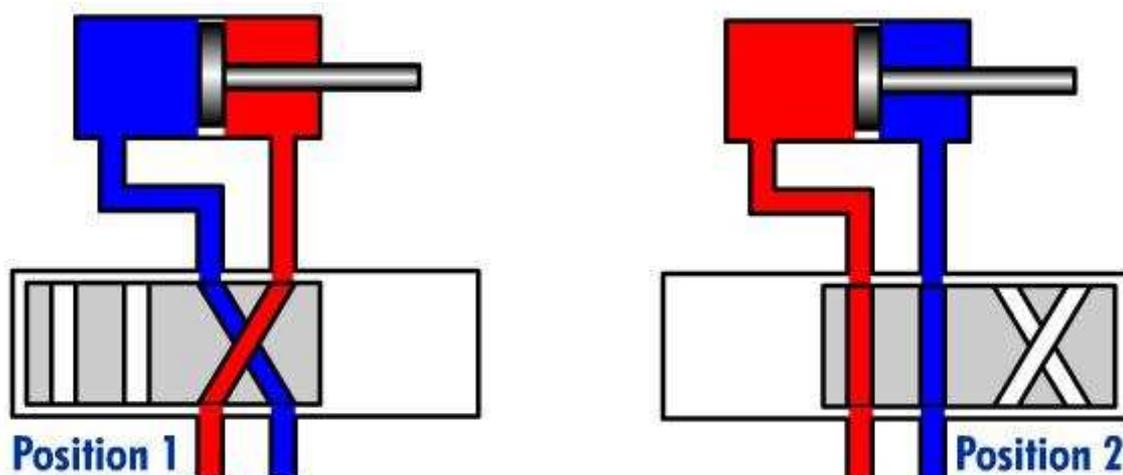


Dans la pratique, les tiroirs des distributeurs ne sont pas nécessairement réalisés avec des canalisations percées. Selon les constructeurs et les choix technologiques, on rencontrera *des clapets ou d'autres formes de tiroir*.

Les distributeurs à clapets sont généralement utilisés lorsque les *débits d'air sont faibles* (on trouve surtout des 2/2 et des 3/2 *utilisés comme capteur*).

Les distributeurs à tiroirs sont généralement utilisés pour des débits plus importants (on trouve surtout des 4/2 et 4/2, des 5/2 et 5/3).

Le distributeur ainsi schématisé servira à un vérin double effet (puisqu'on a prévu deux canalisations vers le vérin).



3. Principe de désignation

Un distributeur sera identifié par **le nombre de tuyaux que l'on peut connecter** (on parle alors **d'orifices**) et le **nombre de positions** que peut occuper le tiroir.

Le distributeur présenté (en page 2) a :

- ✦ **Quatre orifices** :
 - Une alimentation en pression,
 - Un échappement,
 - Connexion avec la chambre avant,
 - Connexion avec la chambre arrière.
- ✦ **Deux positions**

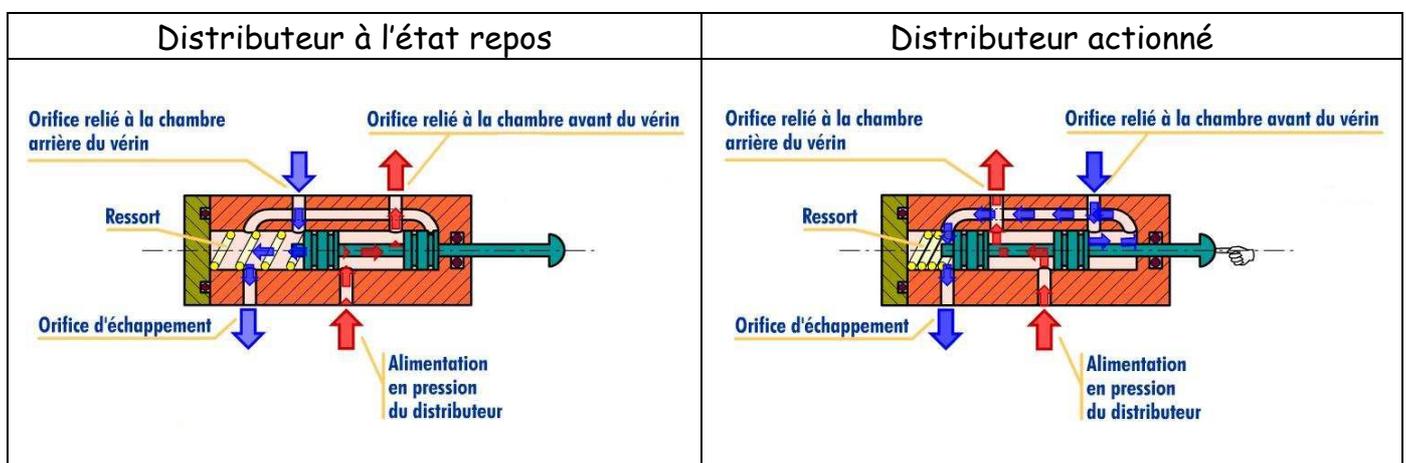
Il s'agit d'un distributeur

4/2

Les principaux distributeurs sont : 2/2, 3/2, 4/2, 5/2 et 5/3.

4. Vue en coupe d'un distributeur 4/2

Dans cet exemple, le distributeur ne dispose que **d'une seule commande manuelle**. Le tiroir change de position lorsque l'utilisateur actionne cette commande. Dès que **la commande est relâchée, le ressort** placé dans le corps du distributeur **repousse le tiroir** dans sa position de repos. Nous verrons plus loin que ce distributeur est à commande **monostable**.



5. Exemple : distributeur 5/2

**Attention,
il s'agit ici
d'un distributeur 5/2**

