

Circuits pneumatiques, électropneumatiques



EL KACEM EL MOSTAFA

PNEUMATIQUE ET ELECTROPNEUMATIQUE

AIR COMPRIME –Propriétés et caractéristiques

Introduction:

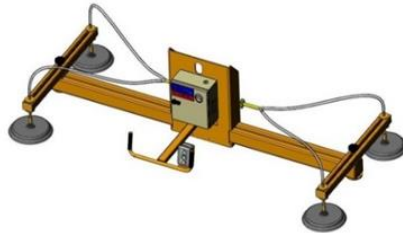
Le mot pneumatique vient du mot grec « pneuma » qui signifie « vent » :

Elle traite des phénomènes qui résultent de la dynamique de l'air.

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



Perceuse pneumatique



Ventouse pneumatique



Bras manipulateur

Composition de l'air :

Généralement l'air ambiant est composé de :

- 78 % d'azote
- 21 % d'oxygène
- 1 % d'hydrogène, de gaz carbonique, et de gaz rares

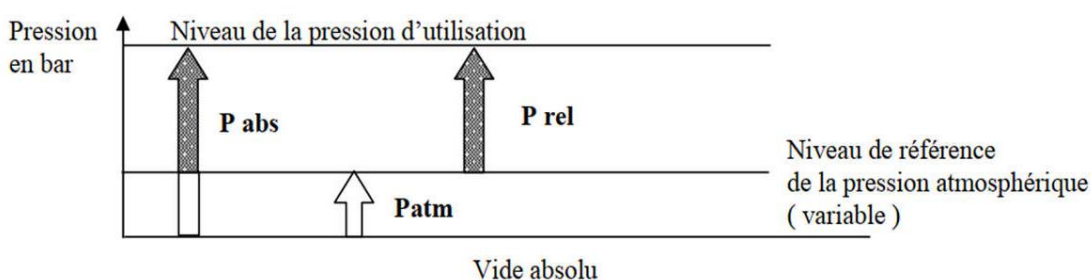
Propriétés de l'AIR :

PRESSION :

C'est la première grandeur, fondamentale, qui caractérise l'énergie pneumatique.

On la mesure souvent en donnant la différence avec la pression atmosphérique.

$$\text{PRESSION absolue} = \text{PRESSION relative} + \text{PRESSION atmosphérique.}$$



L'unité de pression est le **Pascal** mais l'unité usuelle en automatisme est le **bar**

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ bar} = 1 \text{ daN/cm}^2$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

On distingue 3 types de pression :

- La pression atmosphérique (**Patm**).
- La pression absolue (**Pa**).
- La pression relative ou **manométrique** (**Prel**). On a **$P_{rel} = P_a - P_{atm}$**

Les appareils de mesure utilisés dans la pratique n'indiquent que la pression relative.

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

VOLUME :

On parle d'un volume d'air qu'accompagné de sa pression et de sa température.

Afin d'unifier les valeurs, on définit les conditions normales : Température de **0°C** et une pression de **1 atm** (ou 1013 hPa). Le volume sera indiqué en **m³**

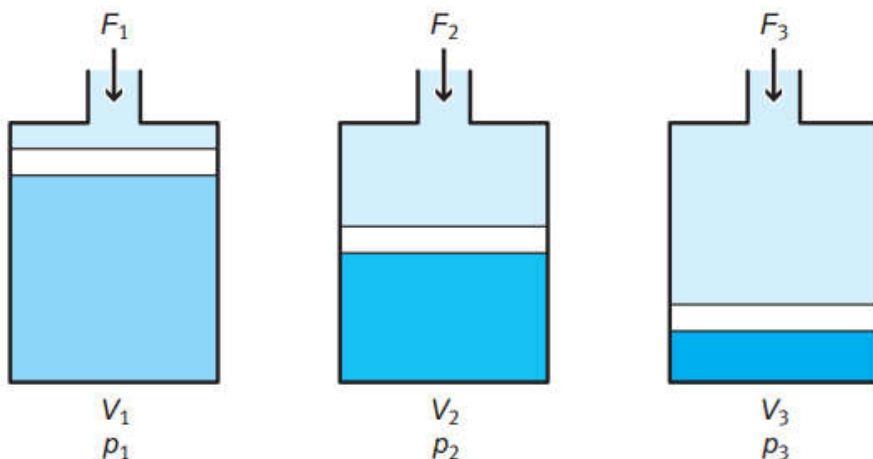
DEBIT :

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 **m³/h**.

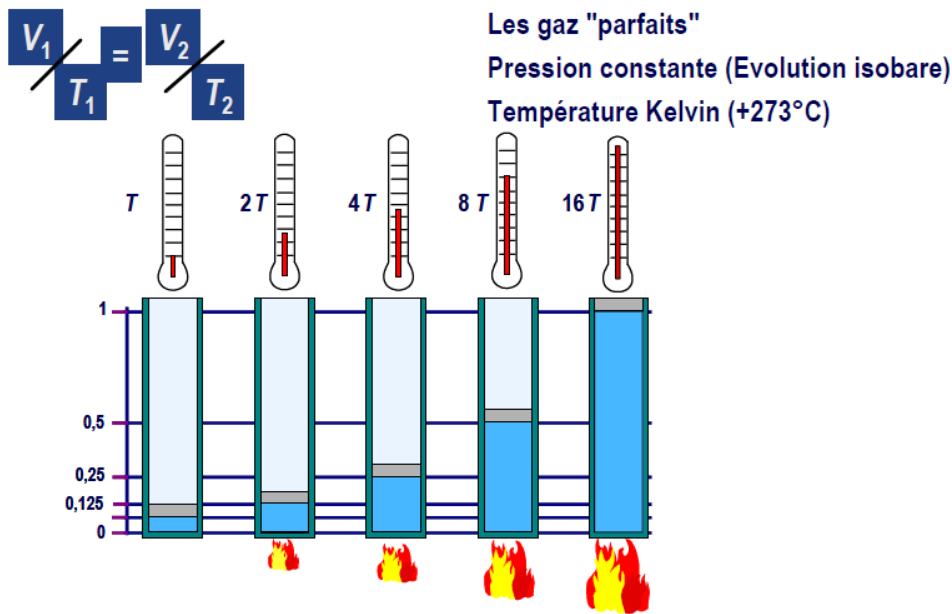
Loi de Boyle-Mariotte :

À température constante le produit du volume par la pression absolue d'une certaine masse de gaz parfait est constant: **$P_1.V_1 = P_2.V_2 = P_3.V_3 = k$**



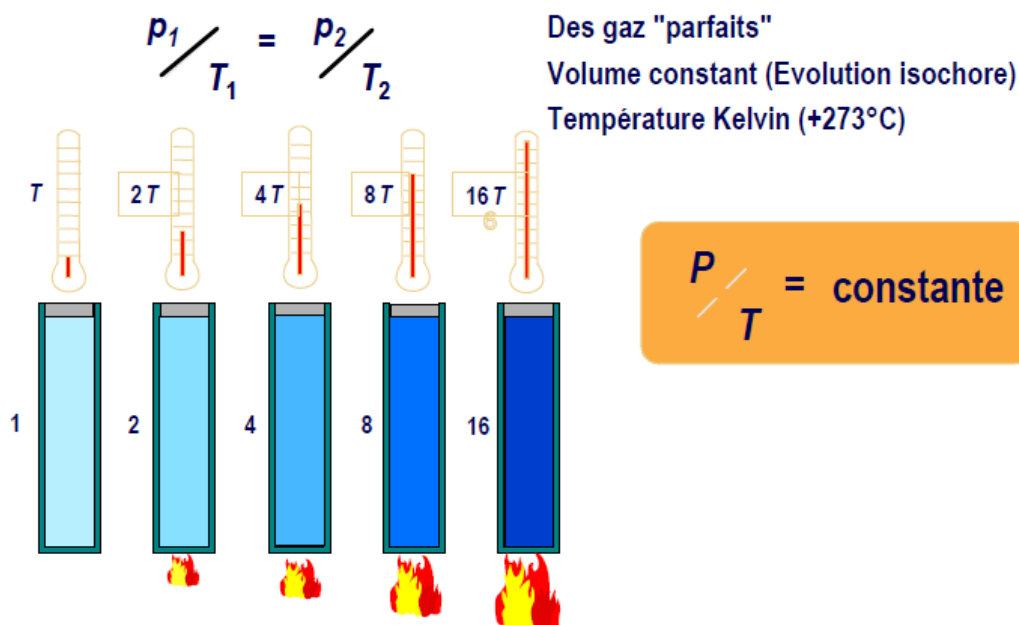
Loi de Gay-Lussac :

À pression constante le volume occupé par une certaine masse de gaz parfait varie proportionnellement à la température absolue : $V_1/T_1 = V_2/T_2$



Loi de Charles :

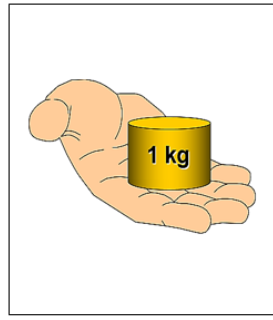
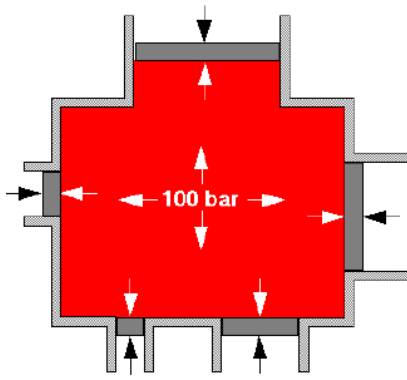
À volume constant la pression d'une certaine masse de gaz parfait varie proportionnellement à la température absolue : $P_1/T_1 = P_2/T_2$



Principe de Pascal :

Cette loi est à la base de la pneumatique moderne. Lorsqu'une pression est exercée en un point quelconque d'un fluide au repos, cette pression se transmet intégralement dans toutes les directions et avec la même intensité.

$F = P.S$ (F en N, P en Pa, S en m²)

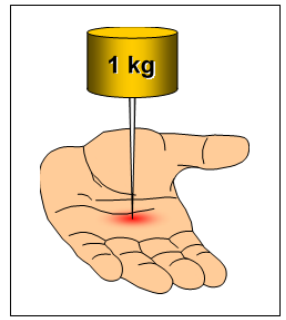


a- Faible pression

$$P = \frac{F}{S}$$

$$F = P \cdot S$$

$$S = \frac{F}{P}$$



b- Forte pression

Loi de Newton: force = masse x accélération **$F = m \cdot a$**

$F = m \cdot g$

En chute libre, on remplace **a** par l'accélération due à la pesanteur **$g = 9,81 \text{ m/s}^2$**

Grandeur	Symbole	Unité
Force	F	Newton (N) $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$
Surface	A	Mètre carré (m^2)
Volume	V	Mètre cube (m^3)
Débit	Q	m^3/s
Pression	p	Pascal (Pa) $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

$T (\text{K}^\circ) = T (\text{C}^\circ) + 273$

Exercice N° 1

D'après la Figure 1 suivante calculer la surface effective de la membrane mobile nécessaire pour que la pression interne soit de 200 K Pa lorsqu'une force de 1000 N est appliquée.

Exercice N° 2

D'après la Figure 2, calculer la pression que l'on trouve à la sortie du dispositif.

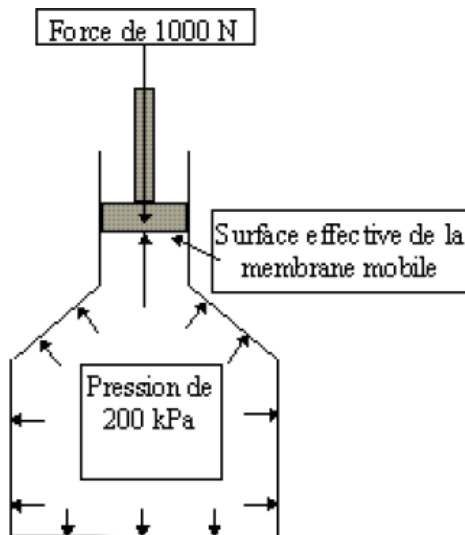


Figure 1

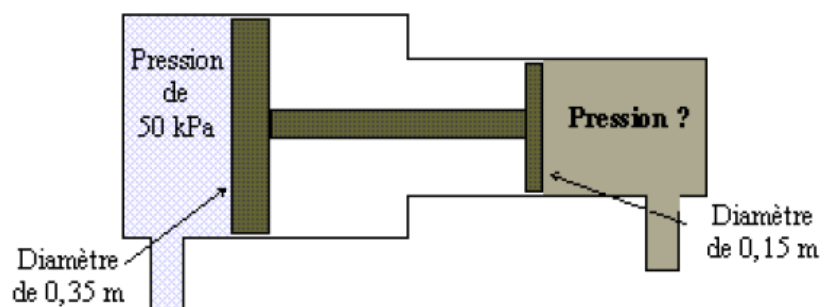


Figure 2

Exercice N°3

En vous référant à la figure 3, déterminer la masse du bloc # 2 :

Rappel : la force due au poids d'un objet se calcule à l'aide de la formule : Force (N) = Masse (Kg) x 9,81 m/s².

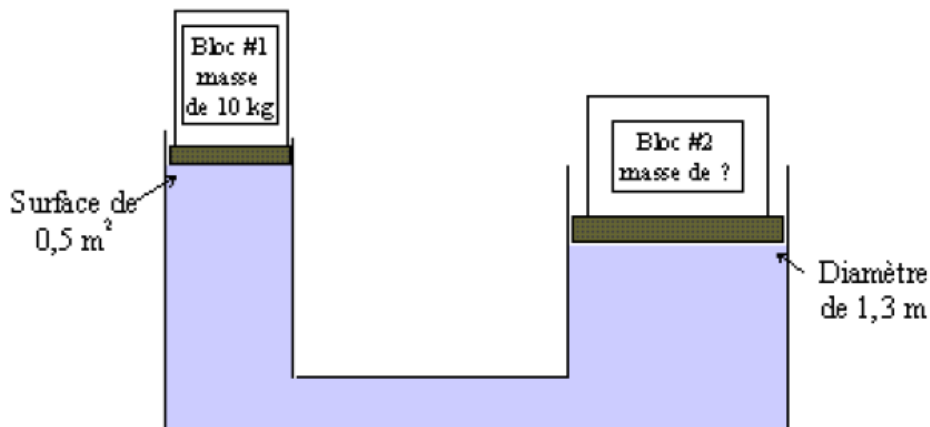


Figure 3

Caractéristiques de l'énergie pneumatique:

Quels sont les avantages de l'air comprimé ?

Disponibilité : l'air est partout présent en quantité illimitées (Gratuit).

Transport : l'air comprimé peut être facilement transporté à l'aide de canalisations.

Stockage : l'air peut être emmagasiné dans des cuves ou réservoirs et prélevé à la demande.

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 ?

Pression limitée : jusqu'à 6-8 bars, au-delà, le coût serait beaucoup plus important,

Nécessité d'un traitement de l'air : installation spéciale pour avoir un air purifié et séché pour éviter l'usure des équipements, (compression, filtrage, refroidissement, lubrification...),

Bruit : Installation de silencieux à l'échappement pour minimiser le bruit

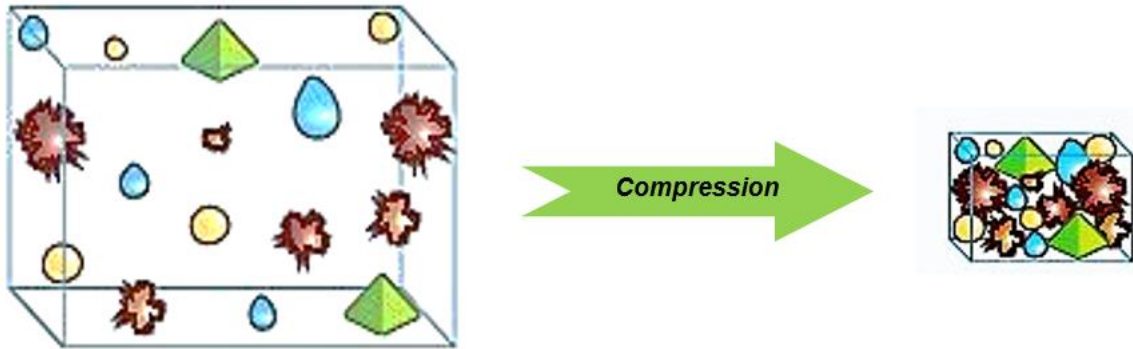
Pas de précision : l'air étant, par nature, compressible (élastique), impossibilité d'obtenir facilement des vitesses de piston régulières,

Coût : la production et le traitement restent d'un coût assez élevé,

PRODUCTION ET DISTRIBUTION DE DE L'ÉNERGIE PNEUMATIQUE

L'importance de la qualité de l'air :

L'action de comprimer l'air de l'atmosphère à 7 bar, entraîne une augmentation de 800% de la concentration des contaminants.



Pression atmosphérique

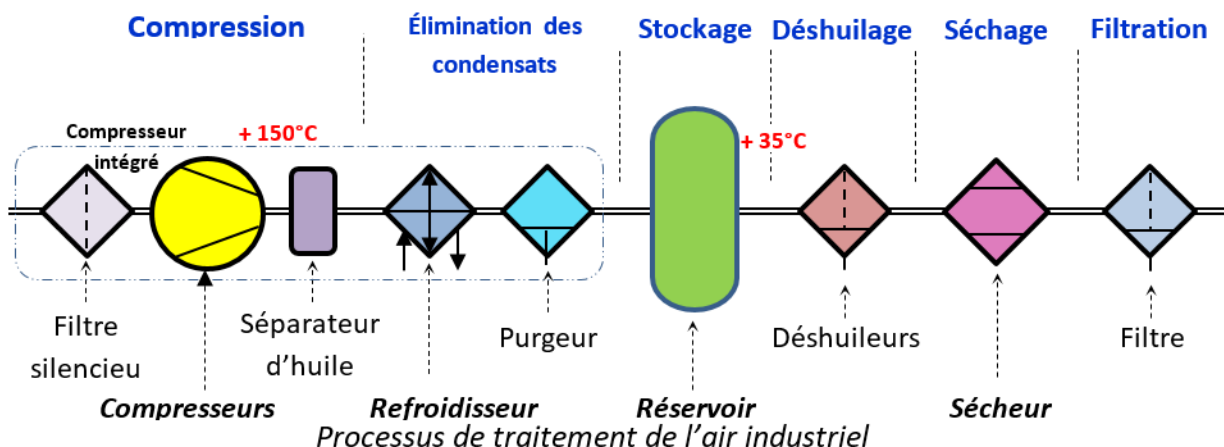
Comprimé à 7 bars

L'air comprimé contient des corps étrangers qui peuvent occasionner des dégâts dans les automatismes pneumatiques. Il s'agit de gouttelettes d'eau, de poussières, de résidus d'huile de graissage du compresseur de particules de rouille, etc...

Solution : Le type de compresseur utilisé, ainsi que sa situation géographique peuvent avoir une influence plus ou moins grande sur la qualité de l'air comprimé.

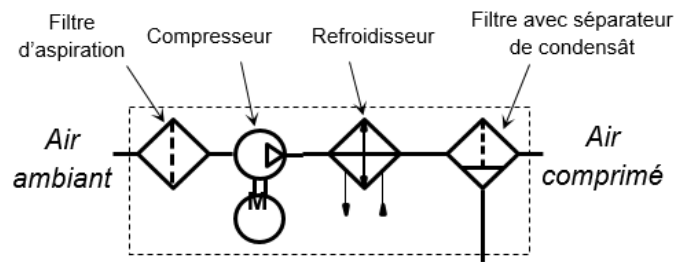
Pour éviter ce genre d'inconvénients, le dispositif d'alimentation en air comprimé doit comporter les éléments suivants :

- Un compresseur.
- Un réservoir d'air comprimé.
- Un sécheur.
- Des filtres (à particules, à huile, à vapeur...).
- Des séparateurs de condensât.
- Des points de purge du condensât.



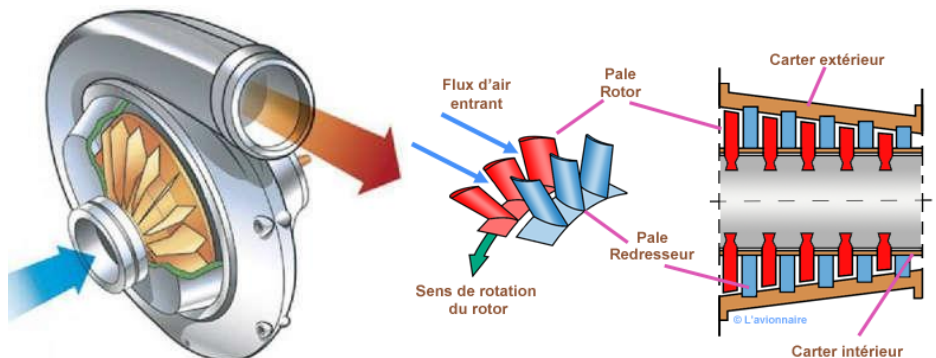
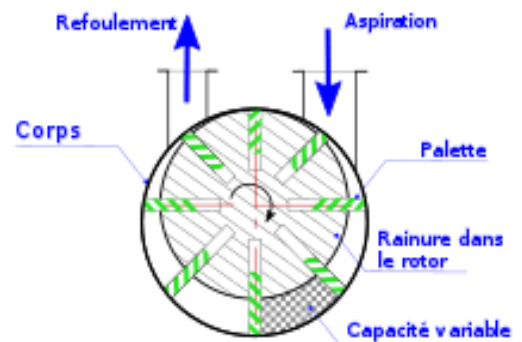
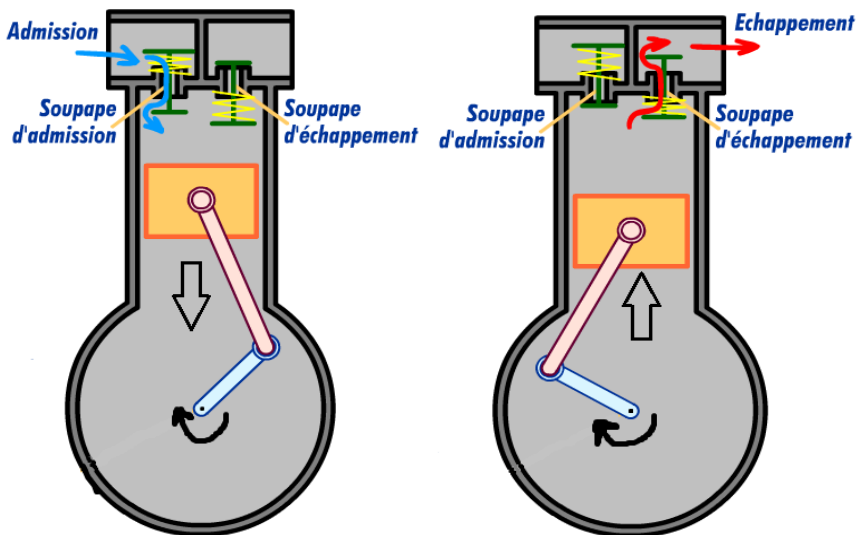
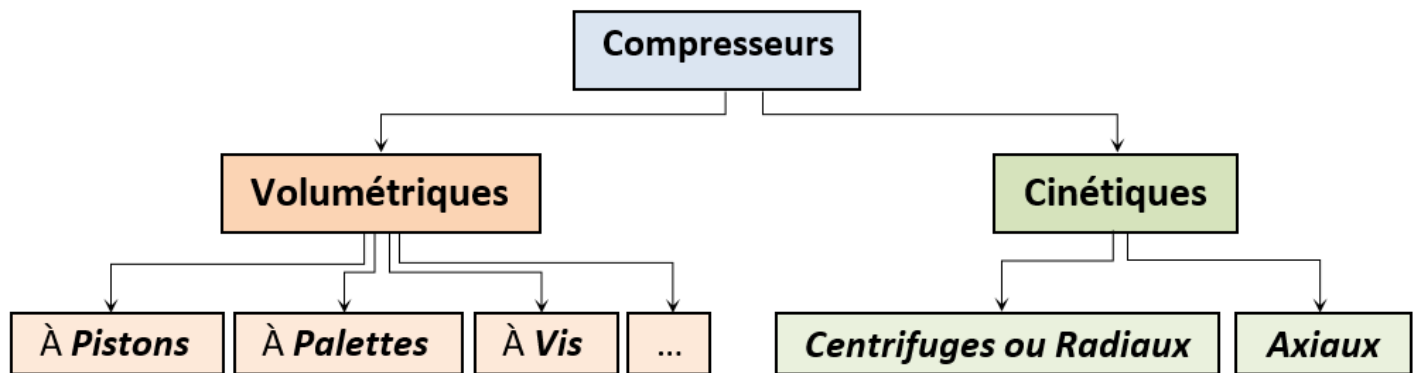
Le compresseur :

Un compresseur est une machine qui réduit le volume et accroît ainsi la pression d'une quantité d'air donnée par des moyens mécaniques.



Symbole du compresseur intégré

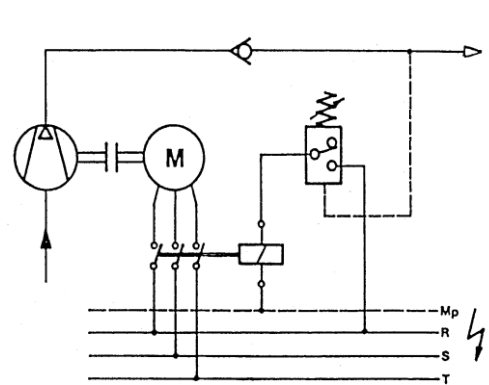
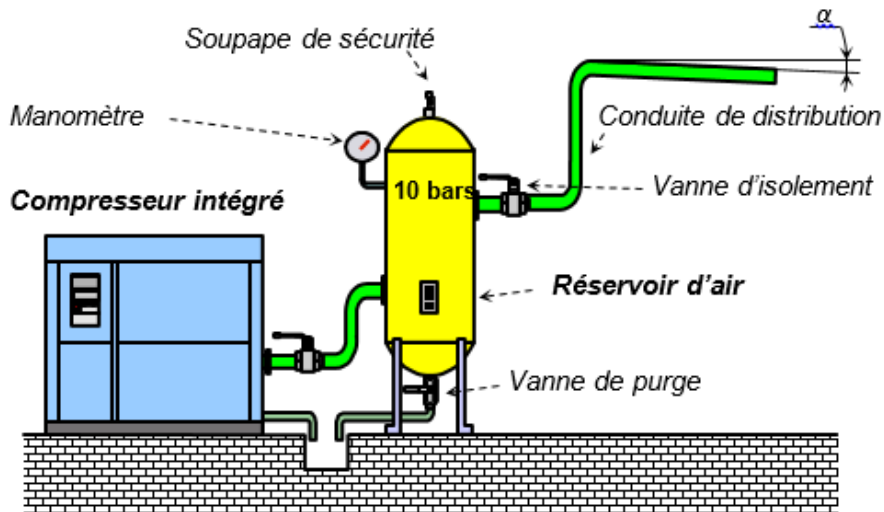
Il existe deux types de compresseurs :



Réservoir d'air :

Le réservoir d'air est installé en aval des compresseurs pour :

- Recevoir l'air comprimé produit.
- Amortir les fluctuations sur le débit d'air et stabiliser l'alimentation du réseau.
- Refroidir l'air comprimé et séparer une part des condensats avant qu'elle soit distribuée en aval.



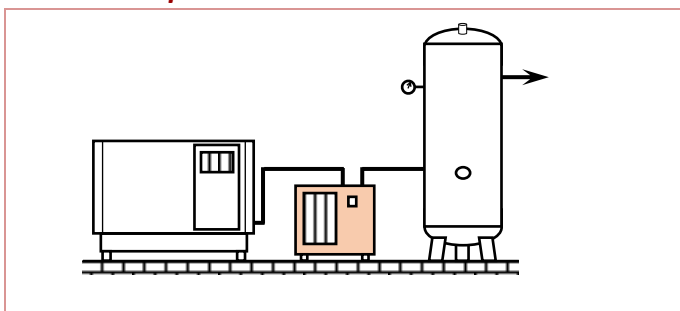
Sécheurs :

L'air ambiant qui pénètre dans un compresseur contient une quantité de vapeur d'eau. La compression exercée accroît le volume d'eau sous forme de vapeur ou de gouttelettes et aussi la température de l'air pour un volume d'air donné.

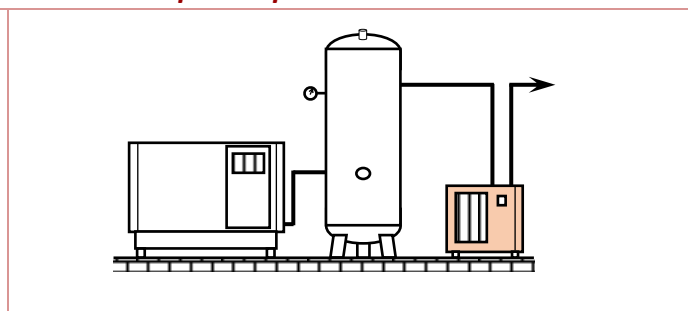
La déshydratation de l'air (ou l'abaissement de l'humidité de l'air au taux voulu) peut être réalisée par :

- Sécheur par réfrigération.
- Sécheur à membrane.
- Sécheur par adsorption.
- Sécheur par absorption.

a. Sécheur placé avant le réservoir :



b. Sécheur placé après le réservoir :



Conditionnement de l'air comprimé:

Unité de conditionnement d'air FRL : tête de la ligne

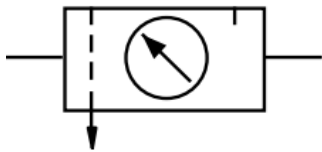
▪ Rôle :

Elle permet d'adapter l'énergie pneumatique au système

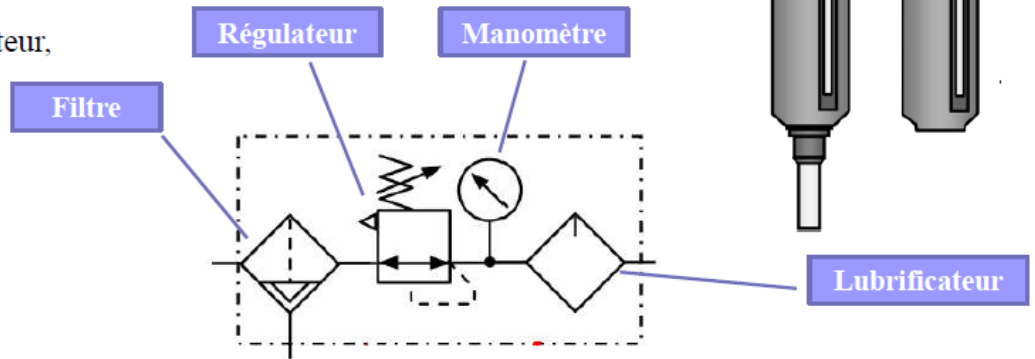
▪ Constituants :

- ✓ **F**iltre,
- ✓ Mano-**R**égulateur,
- ✓ **L**ubrificateur,

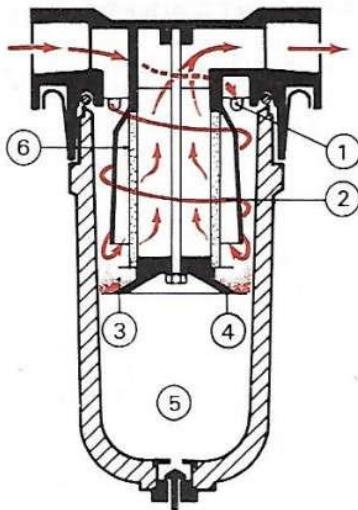
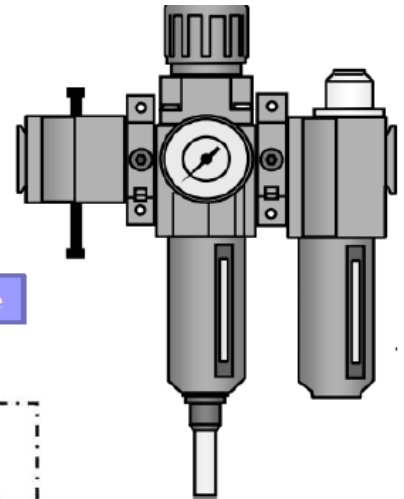
▪ Symboles :



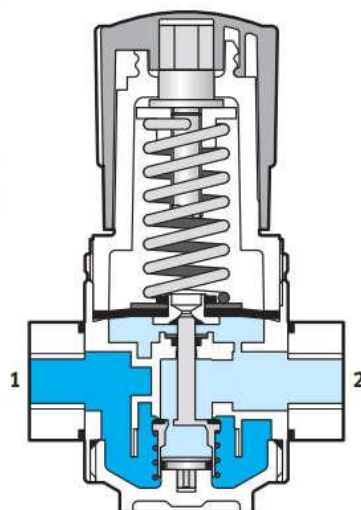
Représentation simplifiée



Représentation détaillée



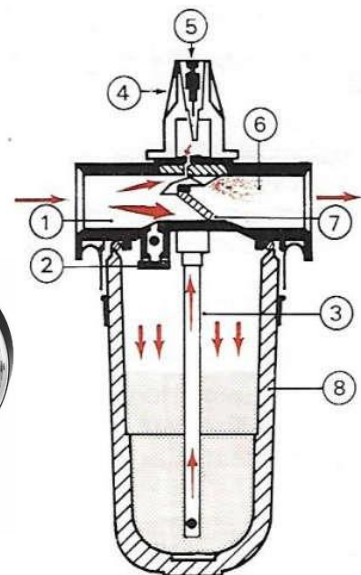
Filtre



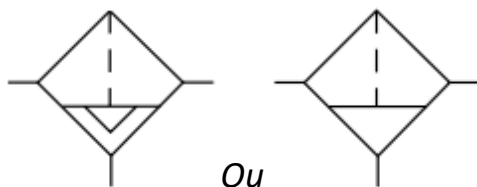
Régulateur



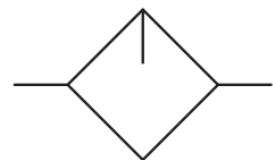
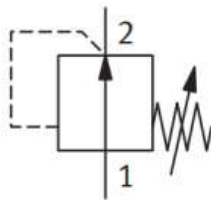
Manomètre



Lubrificateur



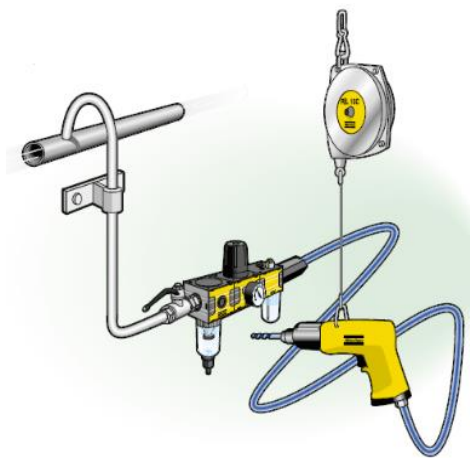
Ou



Installation pneumatique :



Le piquage :

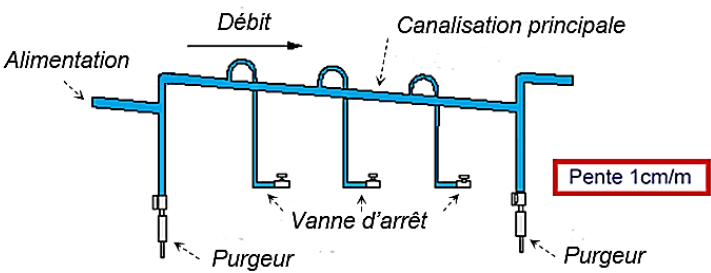


La distribution d'énergie pneumatique se fait par canalisations rigides reliées



par des cols de cygnes pour éviter de recevoir des impuretés ou de l'eau pouvant séjourner dans les conduites

La pente :

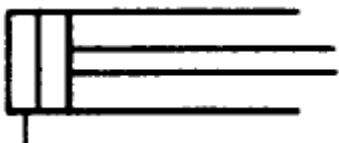
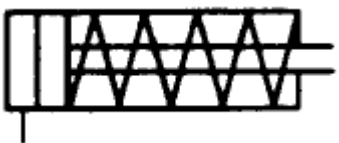
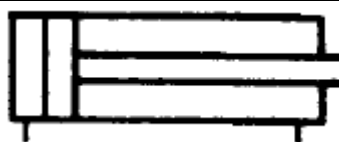


Pour supprimer ces impuretés ou ces eaux stagnantes, on doit utiliser des purgeurs placés au point bas de chaque raccordement. Les canalisations ont une légère pente.

Canalisation linéaire	Canalisation en boucle	Réseau à interconnexions

Les symboles pneumatiques

Les vérins (Actionneurs) :

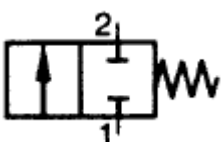
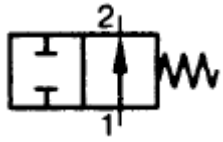
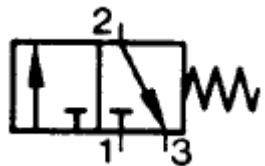
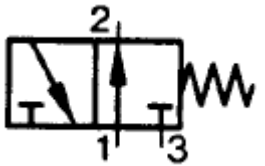
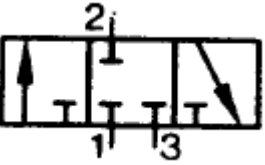
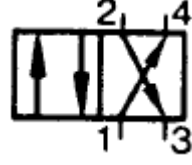
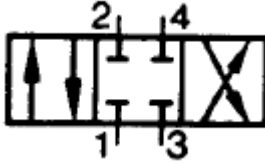
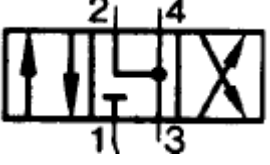
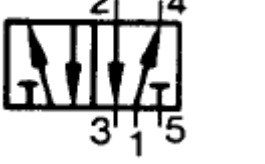
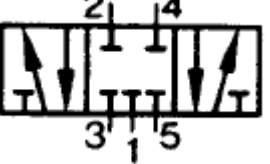
Vérin à simple effet rappel sous l'action d'une force extérieure		Vérin à simple effet à ressort de rappel incorporé	
Vérin à double effet à simple tige		Vérin à double effet à double tige	

Les distributeurs (Préactionneurs):

Un distributeur se désigne par :

- Le nombre d'orifices (2, 3, 4, 5)
- Le nombre de positions (2 ou 3)
- Sa stabilité : monostable (1 position stable) ou bistable (2 position2 stable2)
- La nature du pilotage : pneumatique, électrique, électropneumatique, manuel,...

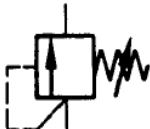
Distributeur X/Y : X orifices et Y positions

Distributeur 2/2 fermé au repos		Distributeur 2/2 ouvert au repos.	
Distributeur 3/2 fermé au repos		Distributeur 3/2 ouvert au repos.	
Distributeur 3/3 fermé en position médiane.		Distributeur 4/2.	
Distributeur 4/3 fermé en position médiane.		Distributeur 4/3 à position médiane ouverte.	
Distributeur 5/2.		Distributeur 5/3 fermé en position médiane	

Contrôle de débit :

Soupape d'étranglement à étranglement constant		Soupape d'étranglement réglable, commande libre.	
Régulateur de débit à étranglement réglable avec clapet anti-retour.			

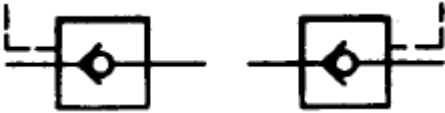
Soupape de séquence réglable :

Soupape de séquence réglable	
------------------------------	---

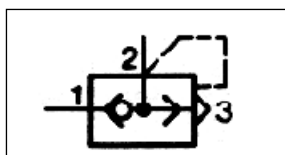
Manomètre :

Manomètre		Manomètre différentiel	
-----------	---	------------------------	---

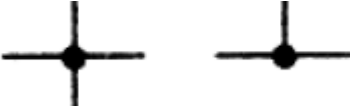
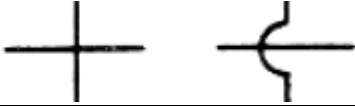
Clapets :

Clapet anti-retour sans ressort		Clapet anti-retour avec ressort	
Clapet anti-retour commandé			

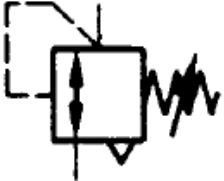
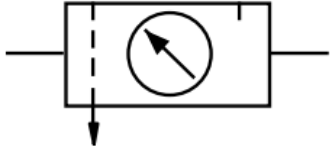
Soupape d'échappement rapide :



Transport et conditionnement de l'air :

Conduite de travail		Conduite de commande	
Source de pression		Conduit électrique	
Raccordement de conduite (Fixe)		Croisement de lignes	

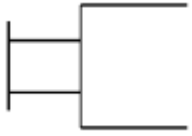
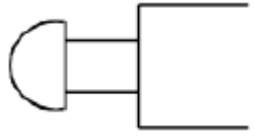
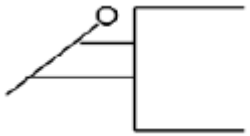
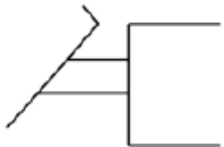
Conditionnement de l'air :

Filtre		Lubrificateur	
Régulateur de pression ou (détendeur)		FRL	

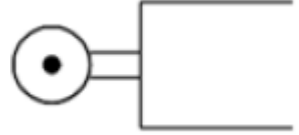
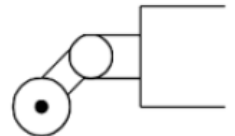
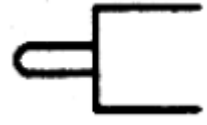
Modes d'actionnement :

Le pilotage ou la commande des distributeurs peut s'effectuer par différentes façons :

Commande musculaire :

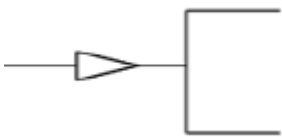
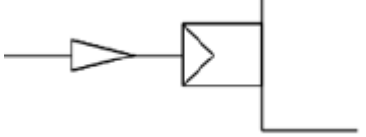
Général		Commande par bouton-poussoir	
Commande par levier		Commande par levier à accrochage	
Commande par pédale			

Commande mécanique :

Par ressort		Par galet	
Par galet escamotable		Par poussoir	

Modes de commande :

- Commande pneumatique :

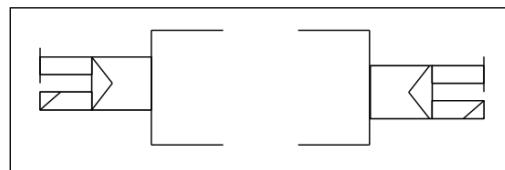
Commande directe (Mise sous pression)		Commande indirect (pilotée)	
---------------------------------------	---	-----------------------------	---

- Commande électrique :

Par électro-aimant		Par deux électro-aimants	
--------------------	--	--------------------------	--

- Commande combinée :

Par deux électro-aimants et commande manuelle auxiliaire



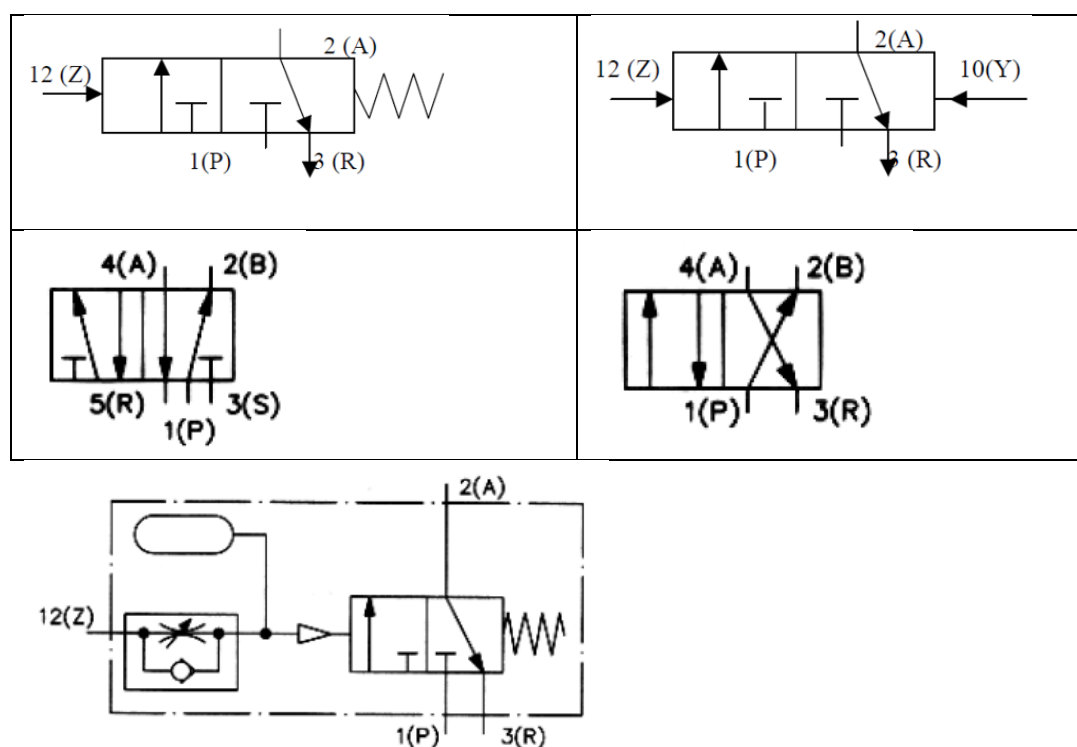
Désignation des raccords

Les orifices du distributeur peuvent être désignés soit par des lettres, soit par des numéros, selon DINISO 5599.

Les deux types de désignation sont indiqués ci-dessous :

N° de raccord	Alphabétique	Utilisation
1	P	Alimentation en air comprimé
2 ; 4	A ; B	Conduites de travail, sortie vers vérin
3 ; 5	R ; S	Conduites d'échappement
10	Y	Ce signal ferme le passage de l'air qui arrive en 1
12	Z	Ce signal ouvre le passage de 1 vers 2
14	X	Ce signal ouvre le passage de 1 vers 4
81 ; 91	P ; Z	Air de commande auxiliaire (ex temporisateur)

Exemple de désignations :



Désignation des éléments d'un circuit pneumatique

Deux types de désignation possible (Désignation par chiffres ou Désignation par lettres).

a) Désignation par chiffres :

Ce système de désignation se compose de numéro de groupe et d'une Numération successive au sein de chaque groupe, par exemple 4-12 : signifie groupe 4, élément 12.

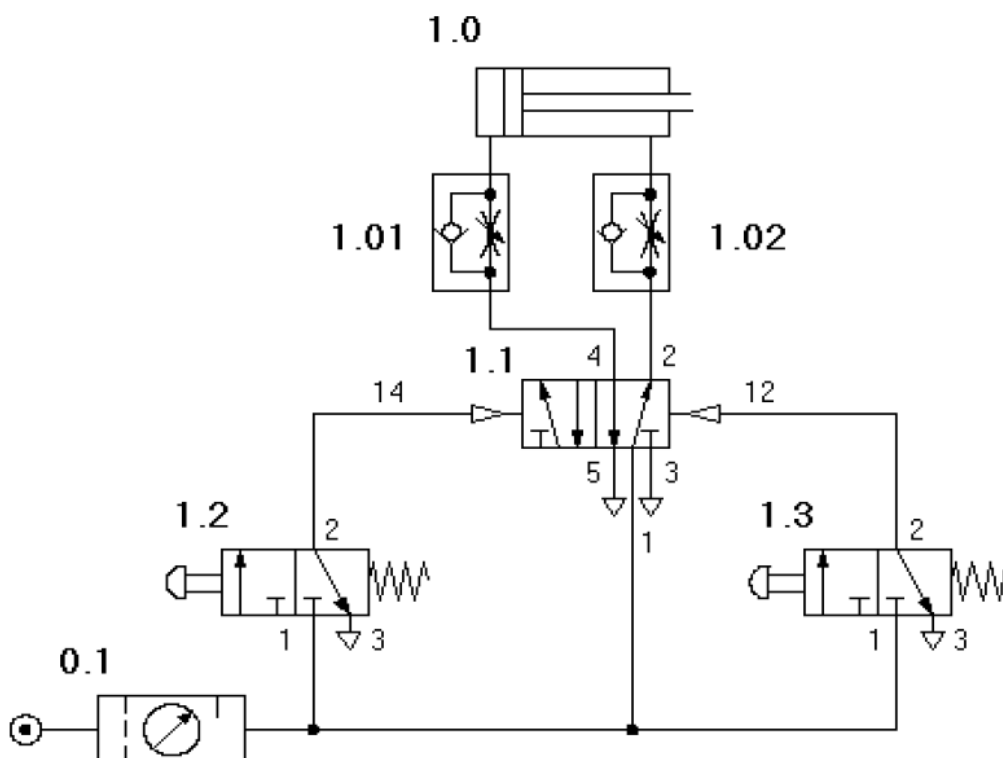
* Répartition des groupes :

- Groupe 0 : tous les éléments de l'alimentation en énergie.
- Groupe 1, 2, 3 : désignation des chaînes de commande (normalement à chaque vérin correspond un n° de groupe)

* Système de numération :

- 0 : élément de travail (actionneur : vérin, moteur) par ex : 1.0, 2.0. X.0
- 1 : organe distributeur ou Préactionneur, par ex : 1.1, 2.1, X.1
- 2,4 (chiffres paires) : tous les éléments influençant l'avance d'un élément de travail par ex : X.2, X.4
- 3,5 (chiffres impairs) : tous les éléments influençant le retour d'un élément de travail par ex X.3, X.5.
- X.0.1, X.0.2 : élément entre l'organe de distribution et l'élément de travail par ex : soupapes à étranglement, 1.0.1, 1.0.2.

Ce système de désignation permet de faciliter l'entretien si par exemple une panne est constatée au vérin 2.0 on peut supposer que son origine se situe dans le groupe 2.



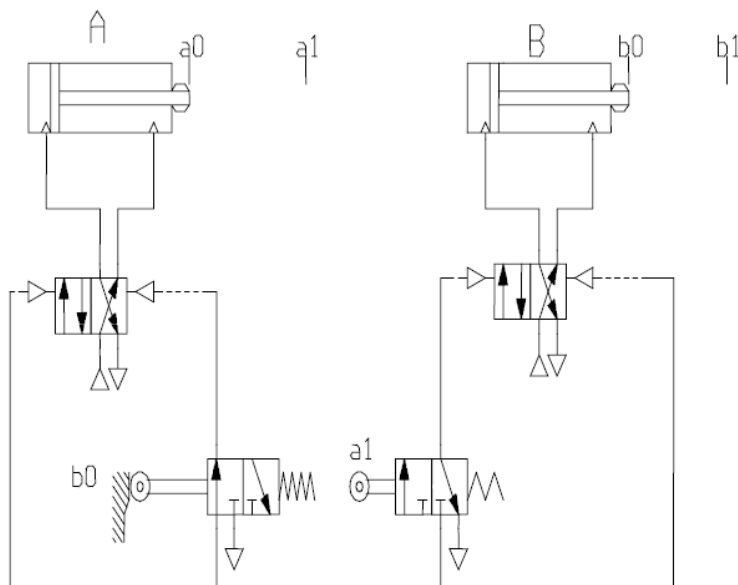
Désignation par lettres :

Les composants de travail sont désignés par des lettres majuscules, les organes émetteurs de signaux et capteurs de fin de course, par des lettres minuscules.

- A, B, C..... désignation des éléments de travail.

- a0, b0, c0.... Désignation de capteurs de fin de course **actionnés en position extrême arrière** des vérins A, B, C

- a1, b1, c1..... Désignation des capteurs de fin de course **actionnés en position extrême avant** des vérins A, B, C.



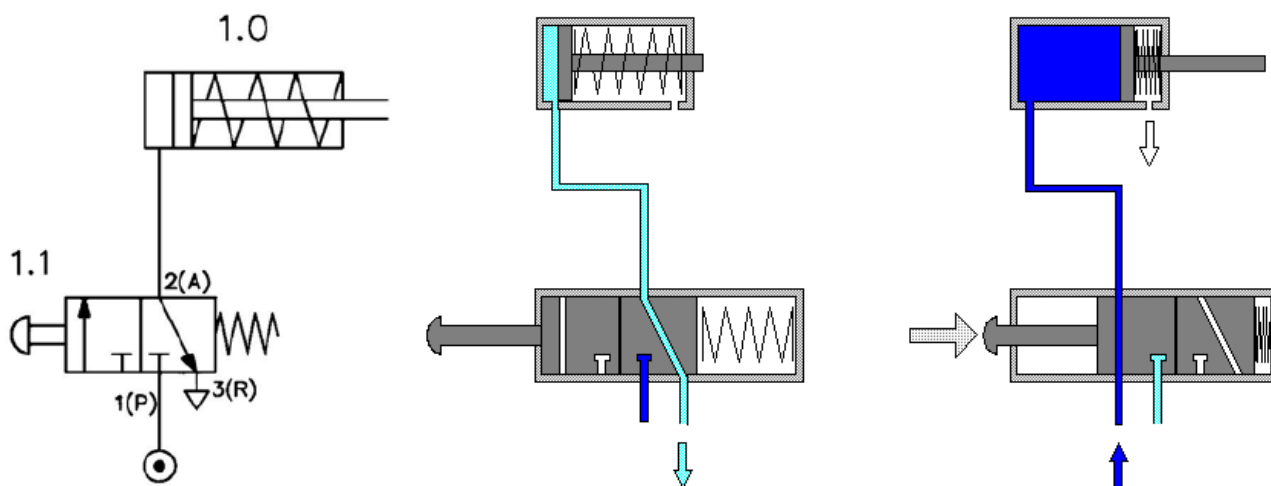
Étude des schémas pneumatiques

Pilotage direct :

1.1 Vérin simple effet :

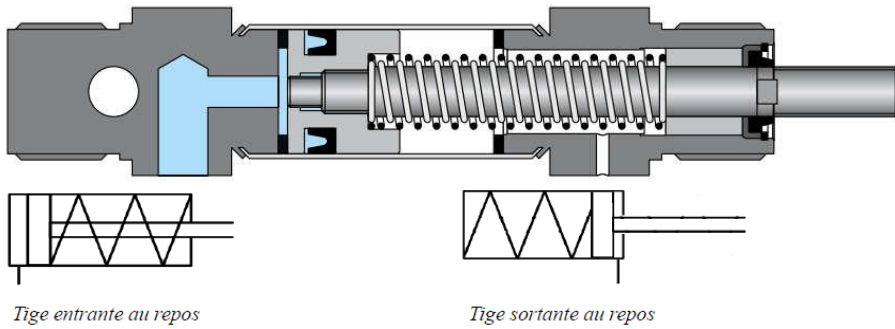
La tige d'un vérin simple effet doit sortir lorsqu'on actionne un B.P et rentrer dès que l'on relâche ce bouton.

Le pilotage d'un vérin simple effet est assuré par un distributeur 3/2. Etant donné que le vérin est de faible puissance, la commande peut être confiée à un distributeur 3/2 à commande manuelle et ressort de rappel

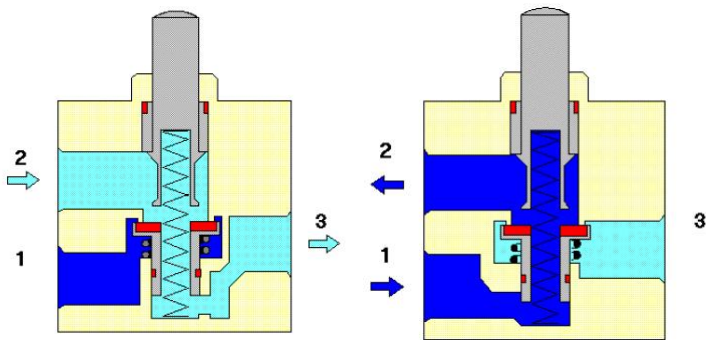


Un vérin simple effet ne reçoit l'air comprimé que dans un seul sens,

- Le retour à la position d'origine s'effectue par un autre moyen que l'air comprimé: Ressort, Charge,...
- Pendant le retour, l'orifice d'admission de l'air comprimé est mis à l'échappement.



Distributeur 3/2 commande par BP et retour par ressort

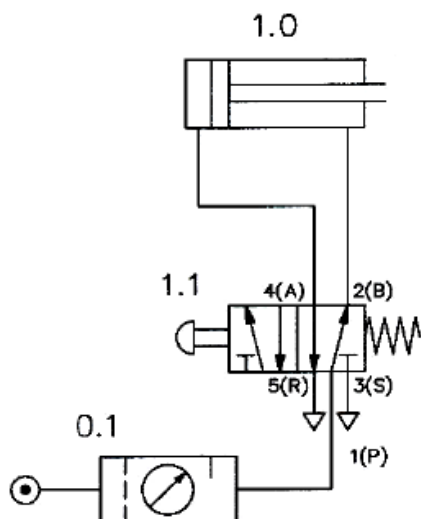


1.2 Vérin à double effet :

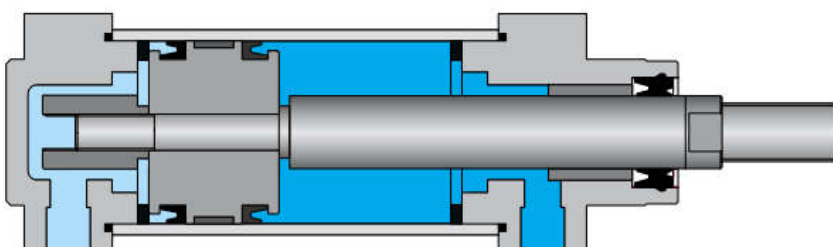
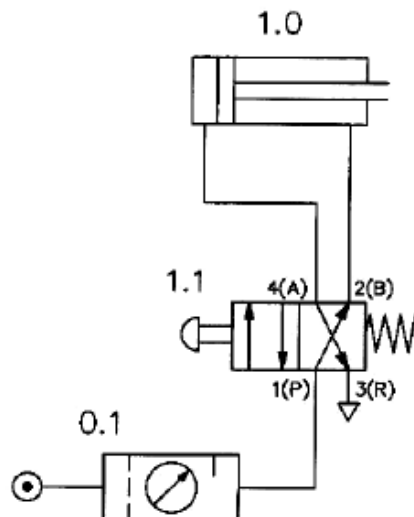
D'un alésage de 25 mm ce vérin ne nécessite qu'une faible quantité d'air pour son pilotage.

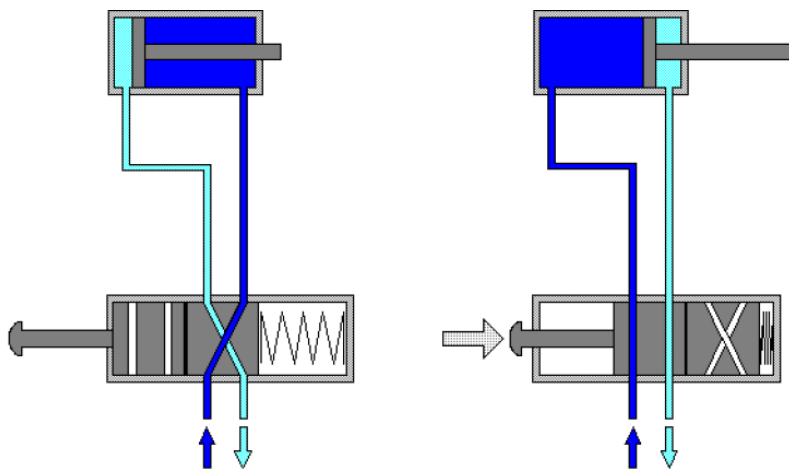
On peut utiliser comme Préactionneurs les distributeurs à force musculaire à bouton poussoir suivants :

- Solution avec distributeur 5/2



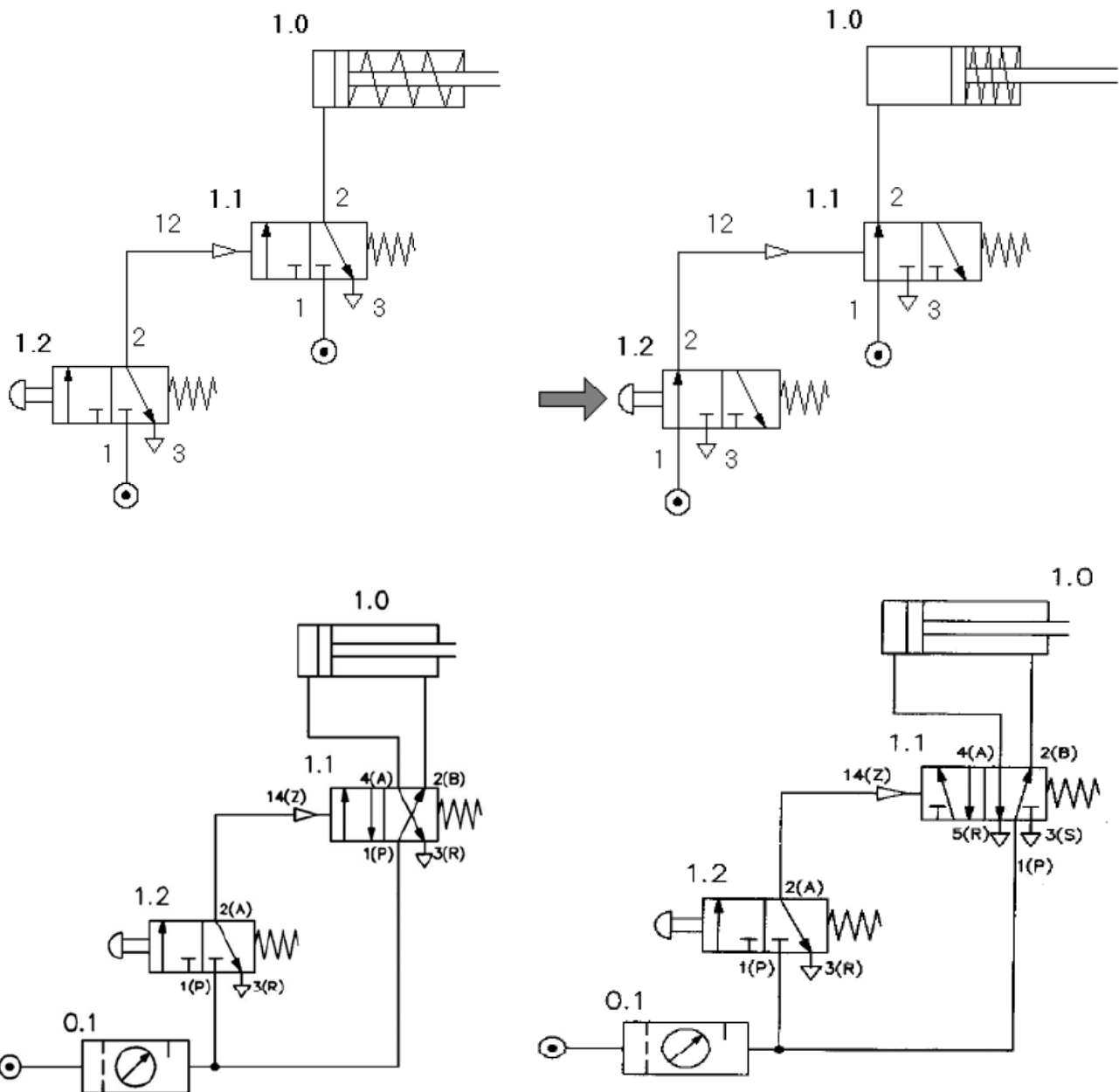
- Solution avec distributeur 4/2





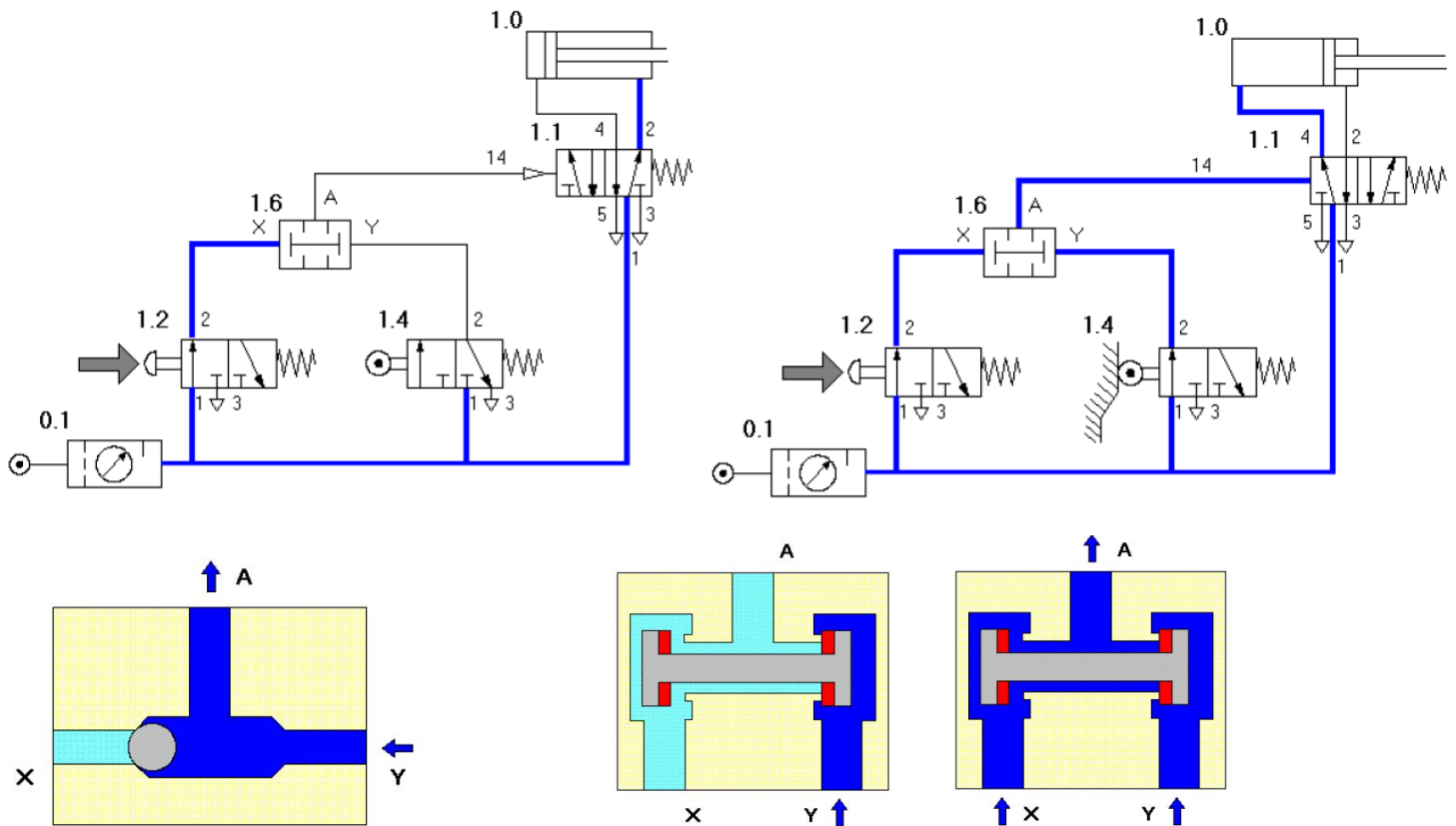
Pilotage indirect d'un vérin

Problème posé : Un vérin simple effet ou double effet doit sortir lorsqu'on actionne un BP et rentrer lorsqu'on libère le bouton. Le vérin a un alésage de 250 mm, par conséquent nécessite une grande quantité d'air.



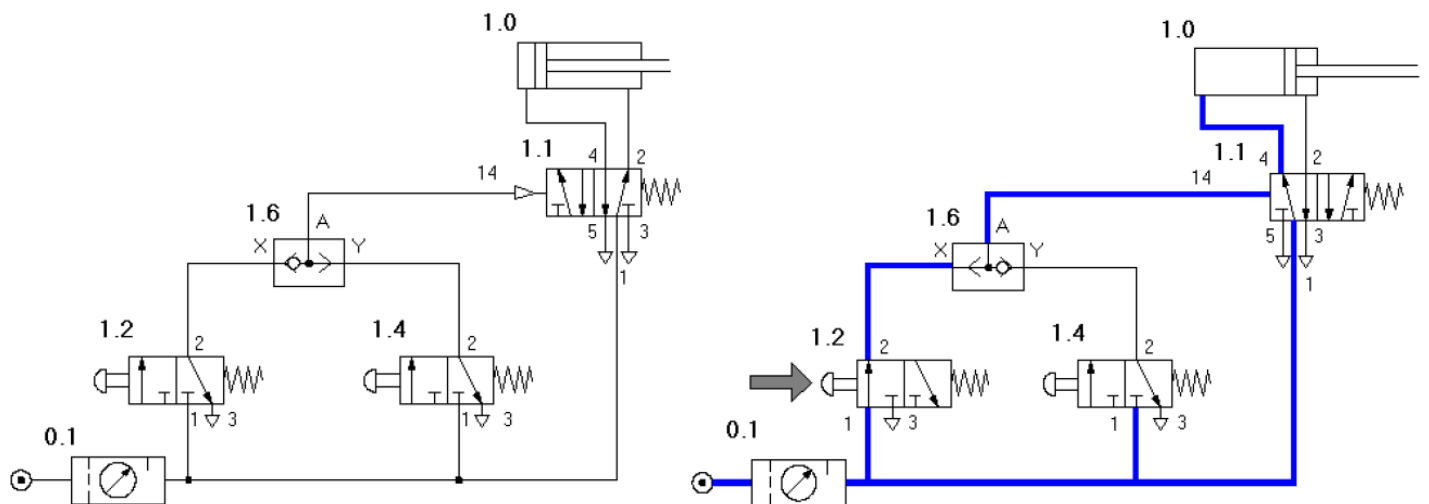
Fonction logique ET:

Le sélecteur à deux clapets dispose de deux entrées X et Y et d'une sortie A. Le passage de l'air ne peut avoir lieu que si un signal est présent à chaque entrée.

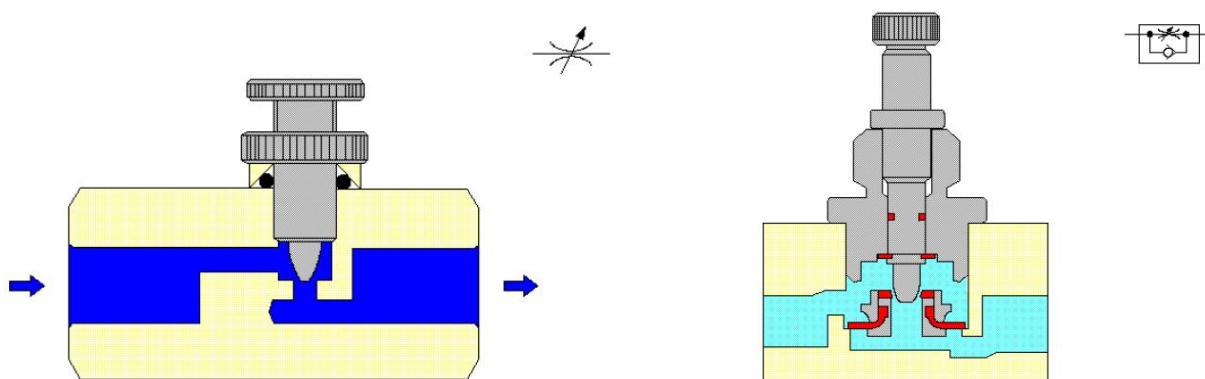


Fonction logique OU :

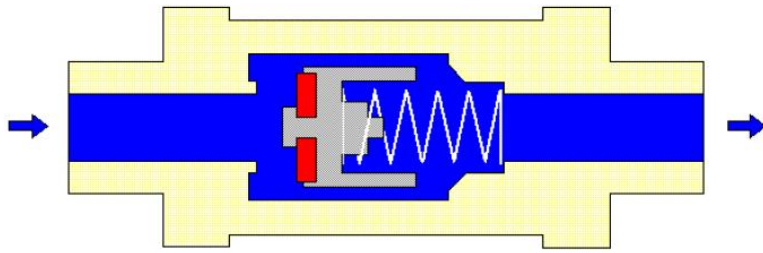
Fonction logique ET



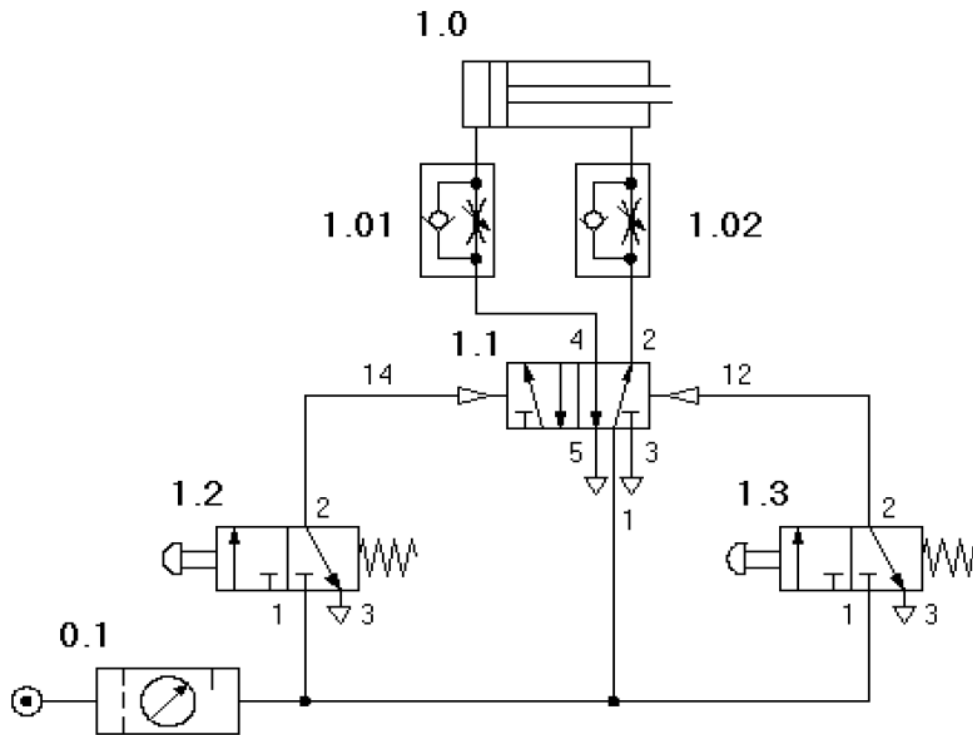
Réglage de la vitesse de sortie et de retour :



Clapet anti retour ou clapet de non-retour



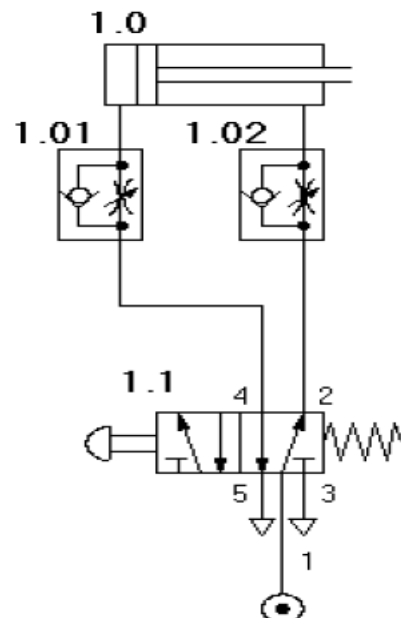
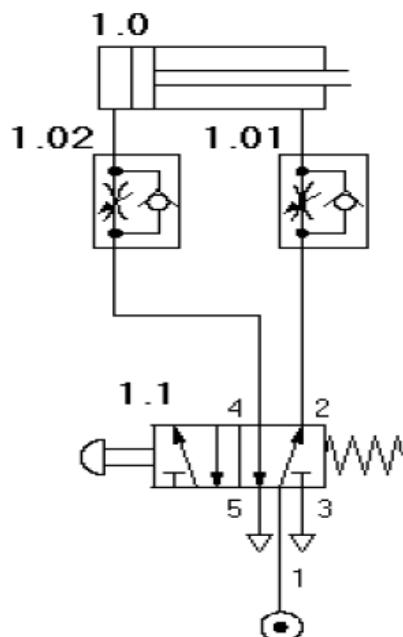
On trouve des applications où la sortie et (ou) l'entrée de la tige du vérin doit être contrôlée en vitesse.



On distingue deux types de réduction sur les vérins double effet :

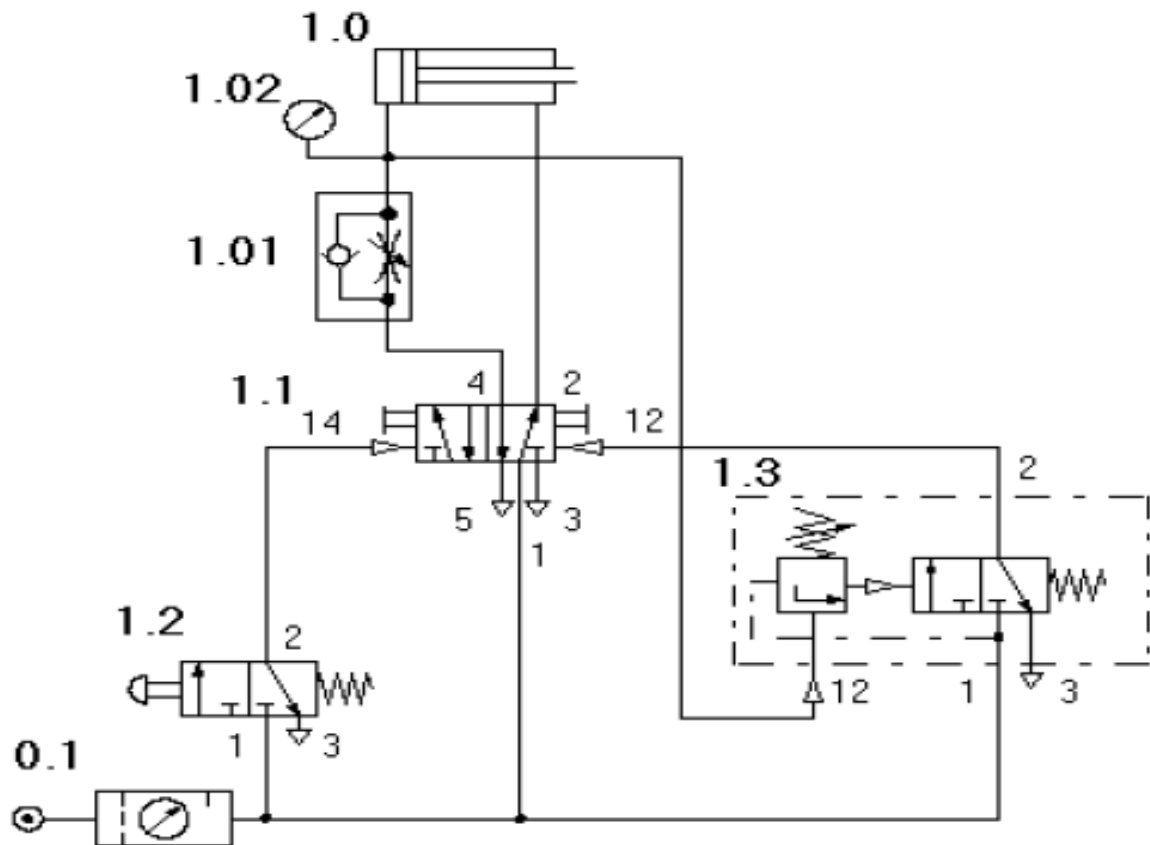
- Réduction à l'alimentation.

- Réduction à l'échappement.



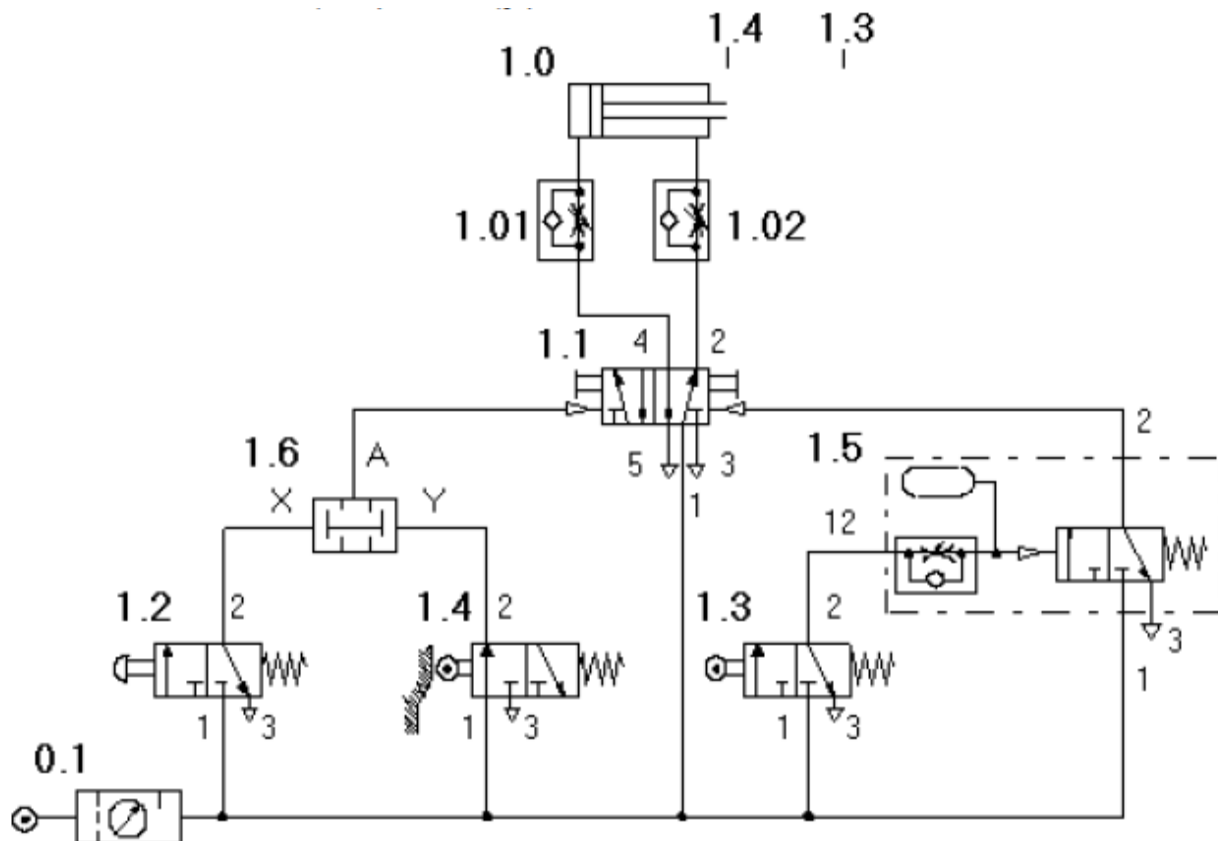
Commande en fonction de la pression :

La commande du vérin ne peut s'exécuter que si la pression est au-dessus de certain seuil préréglé.



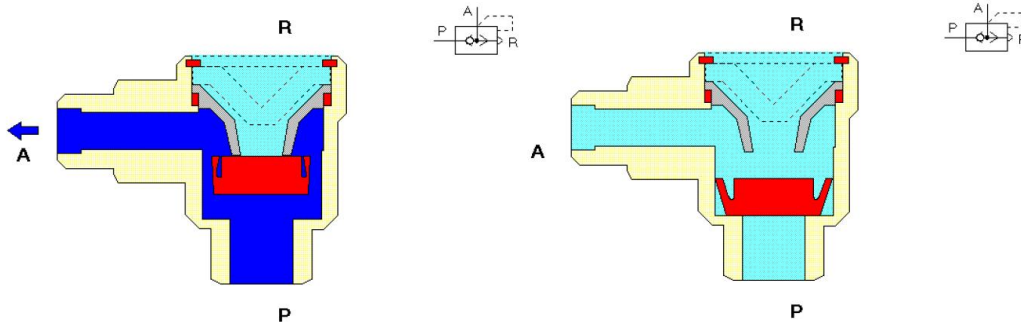
Commande en fonction du temps :

Execution d'une commande apres écoulement d'un temps préréglé.



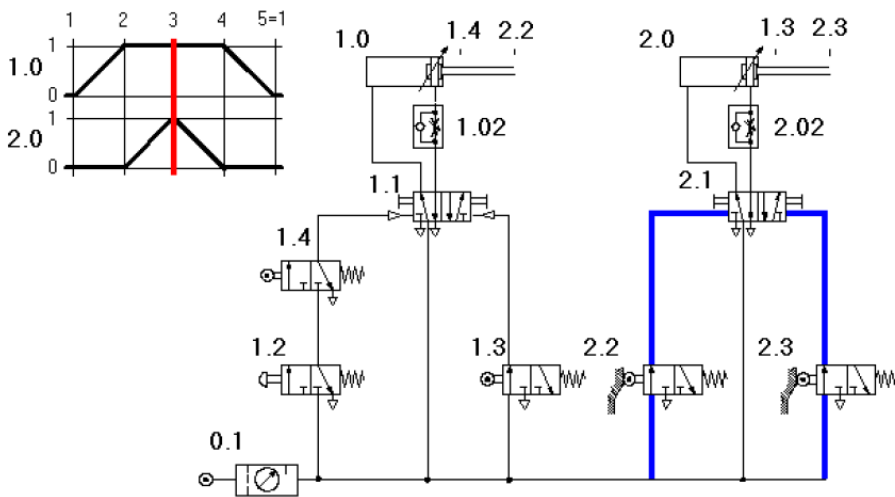
Soupape d'échappement rapide :

Les soupapes d'échappement rapide servent à augmenter la vitesse du piston sur les vérins. On évite le temps de retour long, notamment sur les vérins à simple effet.



CHEVAUCHEMENT DES SIGNAUX :

Avec les circuits de commande pneumatique, il faut toujours se méfier des chevauchements de signaux. On aura ce problème lorsque deux ordres contraire (B+ , B-)



Solution :

- utilisation des circuits de commandes séparés de commande sortie et entrée
- utilisation des séquenceurs pneumatiques
- utilisation des capteurs à galets escamotable

Étude des schémas électropneumatiques

Dans les circuits pneumatiques on introduit une commande électrique grâce à des électrovannes ou électrodistributeur.

Electrodistributeurs :

On appelle électrodistributeur un distributeur pneumatique commandé à l'aide d'un signal électrique.

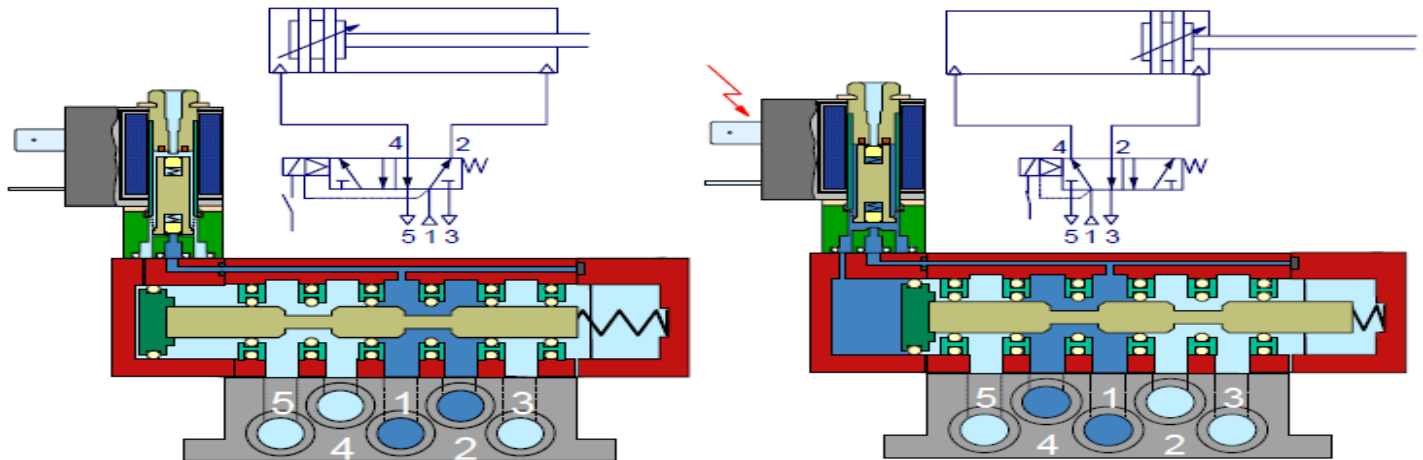
Il existe principalement deux sortes :

- A pilotage électrique
- A pilotage électropneumatique

Pilotage électropneumatique

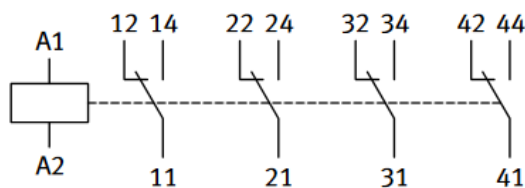
L'expression « pilotage électropneumatique » signifie que par le déplacement de sa tige, le solénoïde ouvre le passage à l'air comprimé afin de piloter le tiroir du distributeur.

Autrement dit, c'est l'air qui déplace le tiroir du distributeur sous la commande de signal électrique.

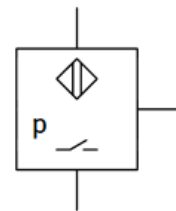
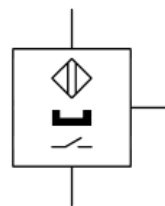


Composants utilisés en électropneumatique :

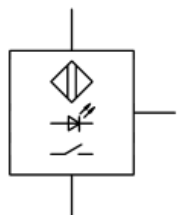
Relais



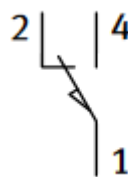
Capteur de proximité électronique Capteur de pression



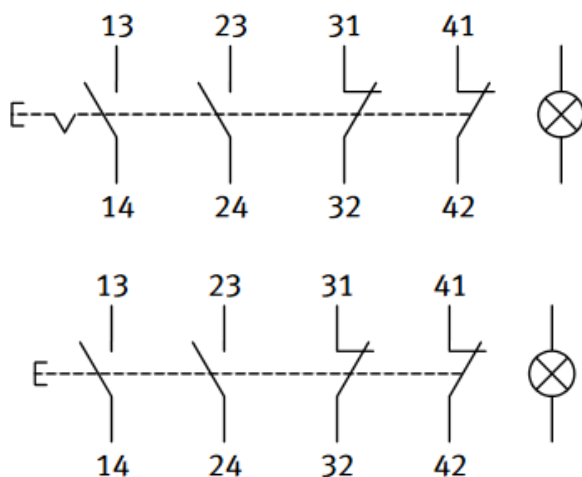
Capteur de proximité, opto-électrique



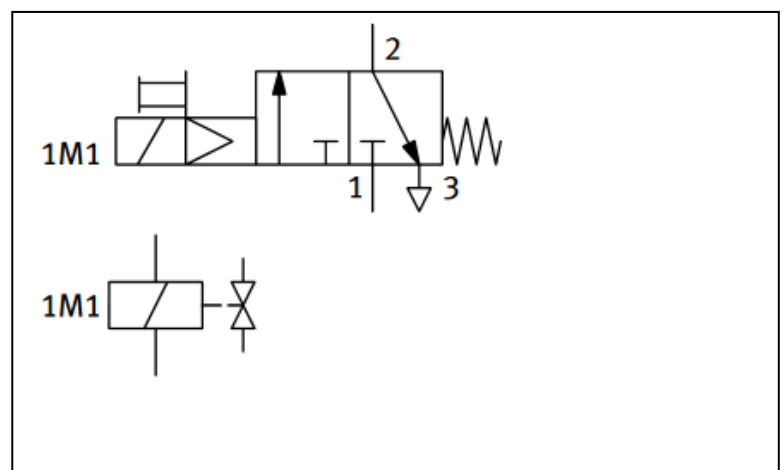
Capteur de fin de course, électrique



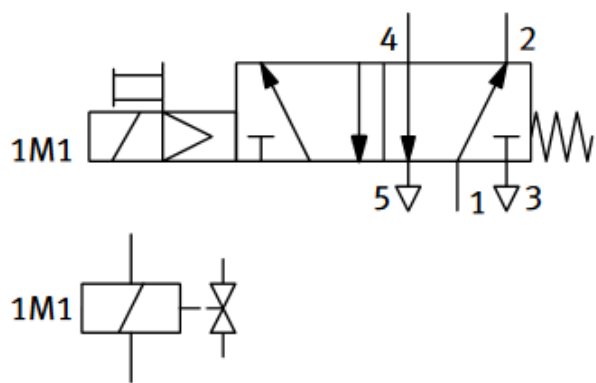
Entrée de signaux, électrique



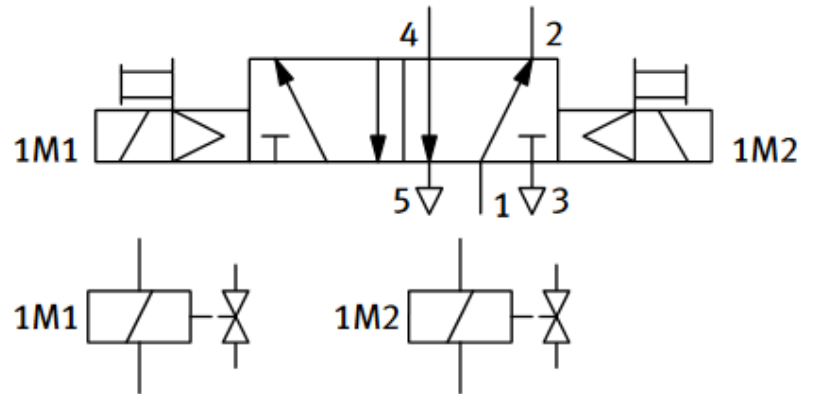
Électrodistributeur 3/2, normalement fermé



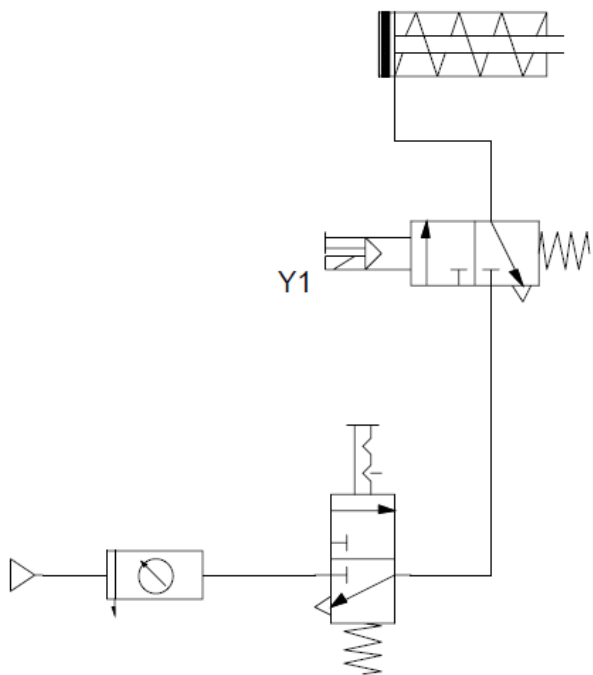
Électrodistributeur 5/2 monostable



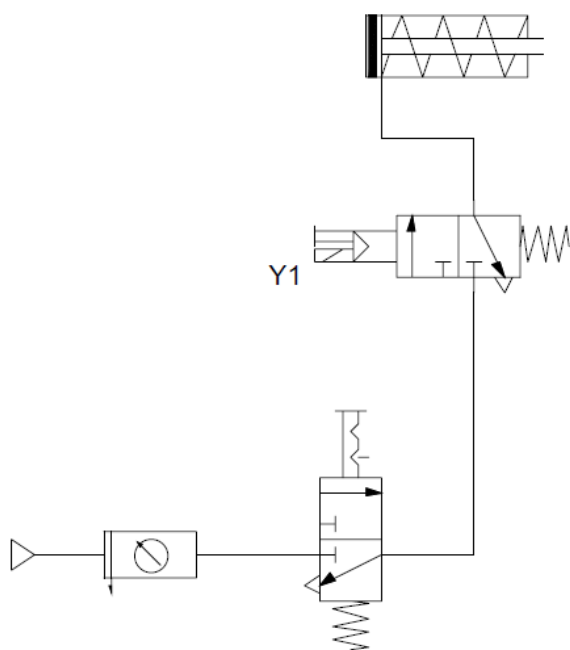
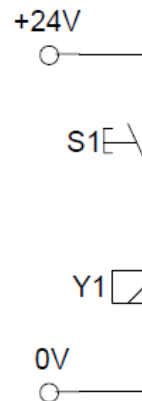
Électrodistributeur bistable 5/2



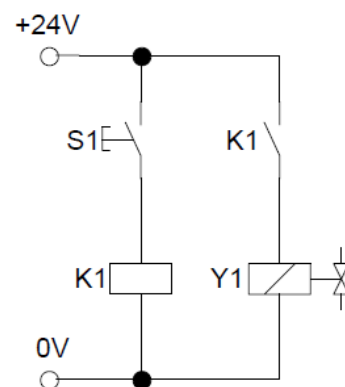
Commande directe d'un vérin simple effet



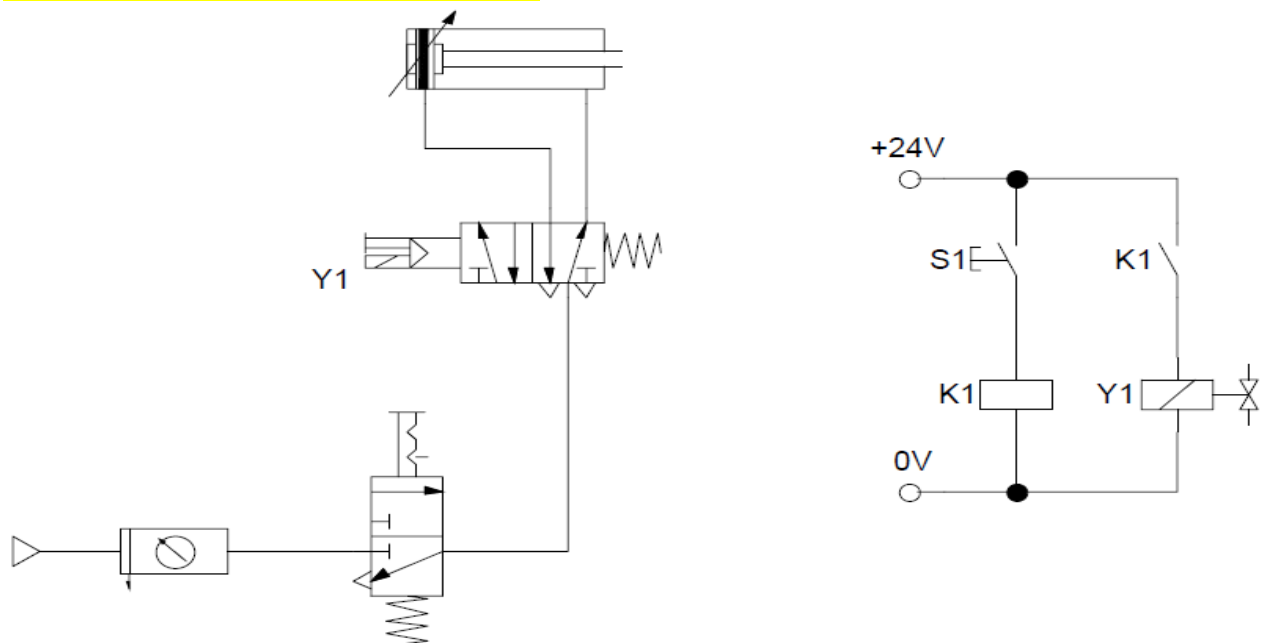
Commande électropneumatique d'un vérin simple effet par action sur BP S1 pour la sortie de la tige, lorsqu'on relâche le BP l'électrovanne est désexcitée la tige rentre sous l'effet du ressort.



Commande par l'intermédiaire d'un relais, une action sur le BP excite la bobine K1 qui ferme son contact K1 qui excite l'électrovanne Y1 ce qui permet la sortie de la tige, lorsqu'on relâche le BP la tige rentre.



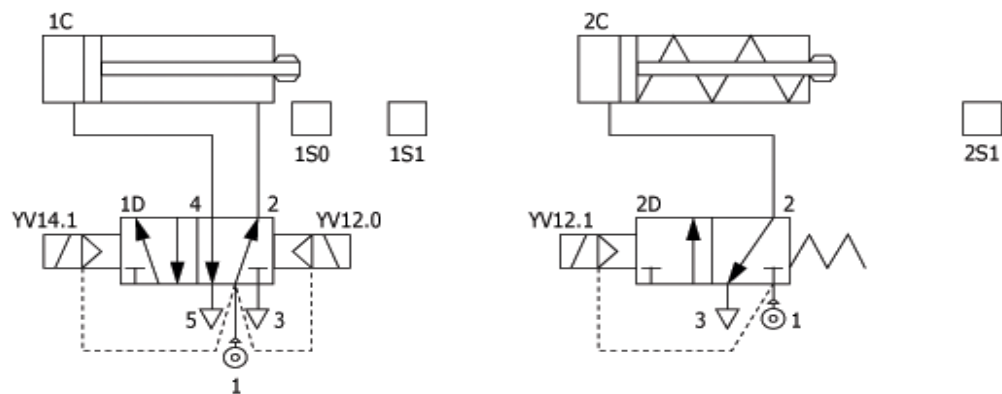
Commande d'un vérin double effet



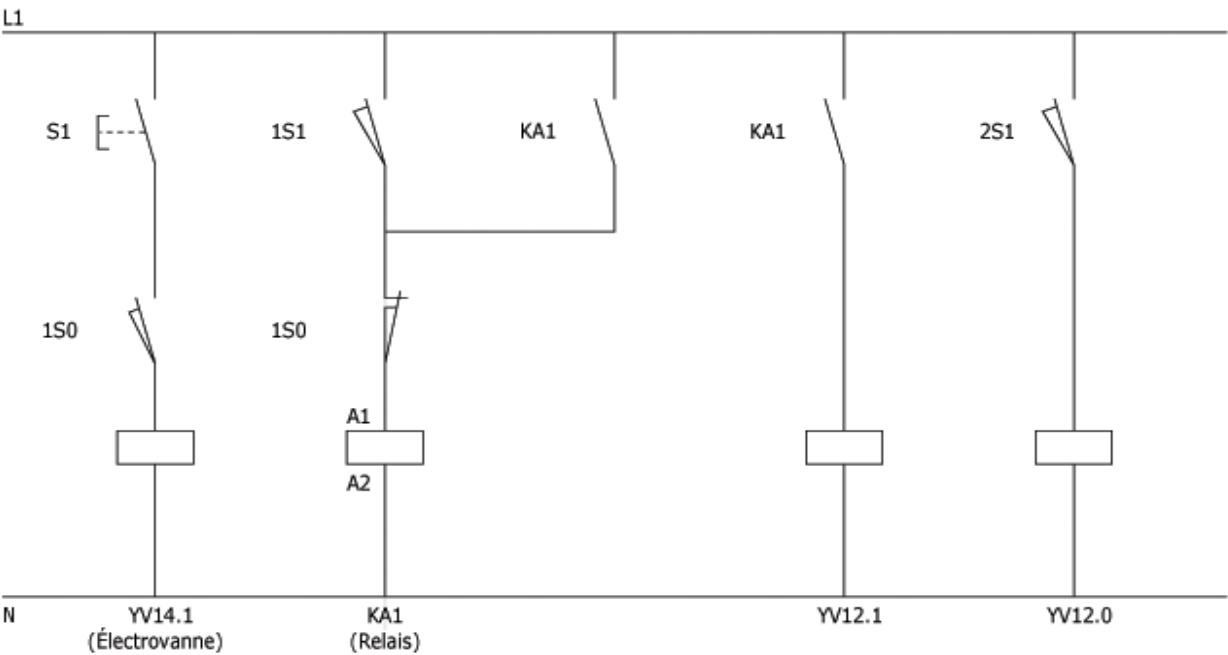
Commande de deux vérins :

Réalisation du cycle 1C+ 2C+ 1C- 2C-

Circuit de puissance



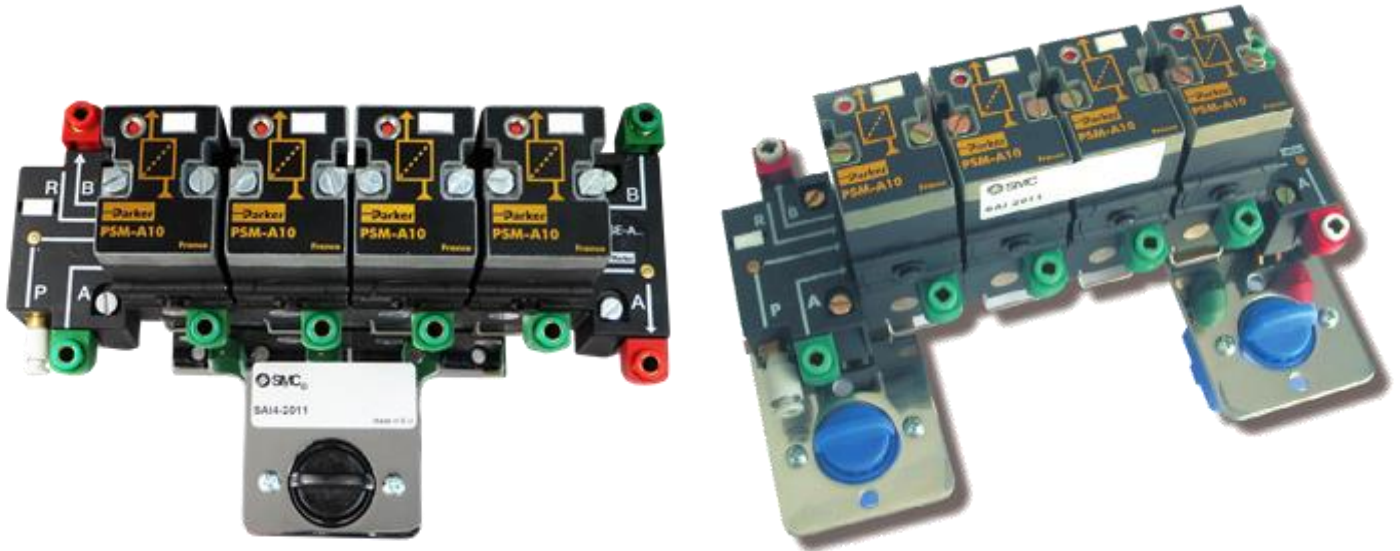
Circuit de commande



Séquenceur pneumatique

Le séquenceur pneumatique représente un moyen de réalisation des automatismes séquentiels.

- Un séquenceur pneumatique = une association linéaire de modules d'étapes
- Un module d'étape correspond à une étape du Grafcet et son fonctionnement traduit les règles d'évolution du Grafcet.
- Un module est construit à partir d'une mémoire bistable et de portes logiques



Symbole normalisé du séquenceur

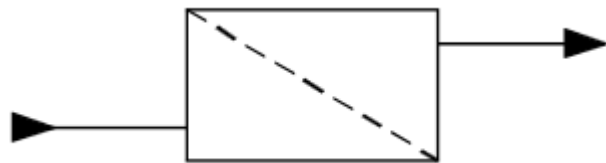
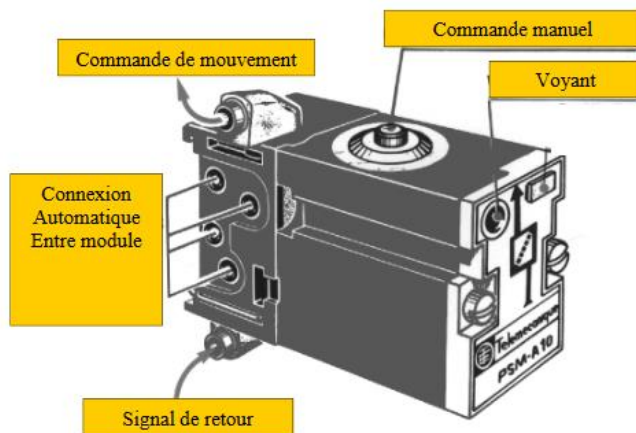


Schéma logique

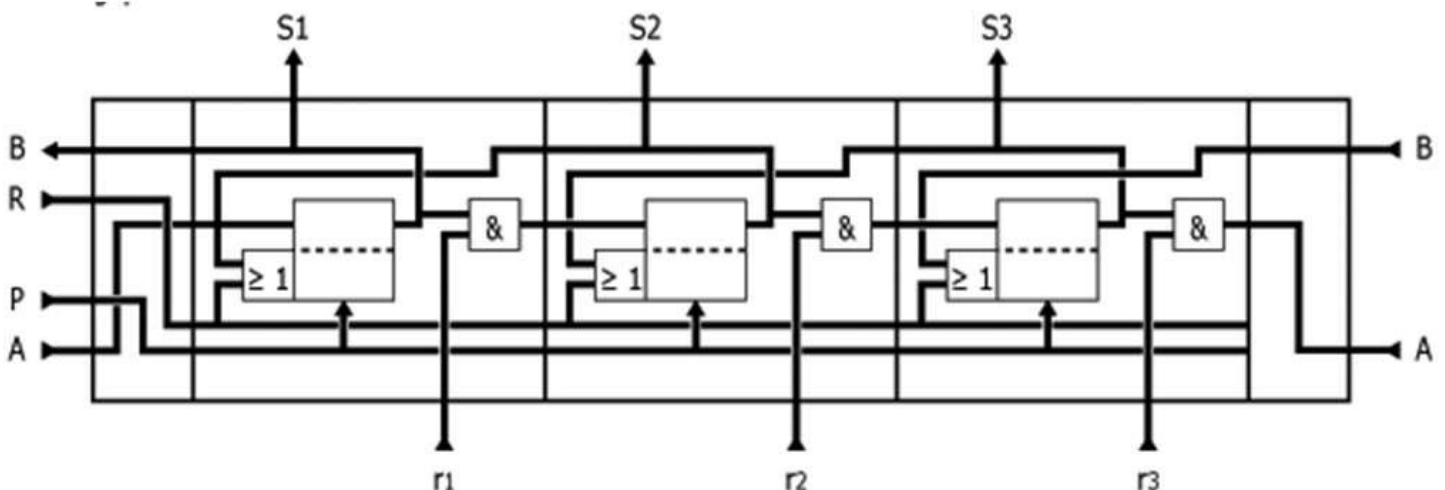
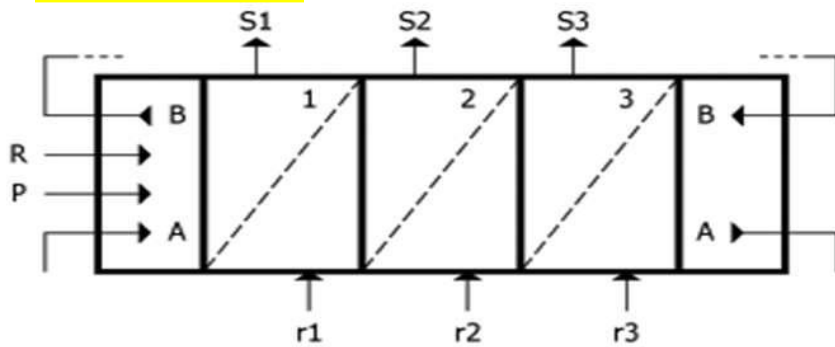


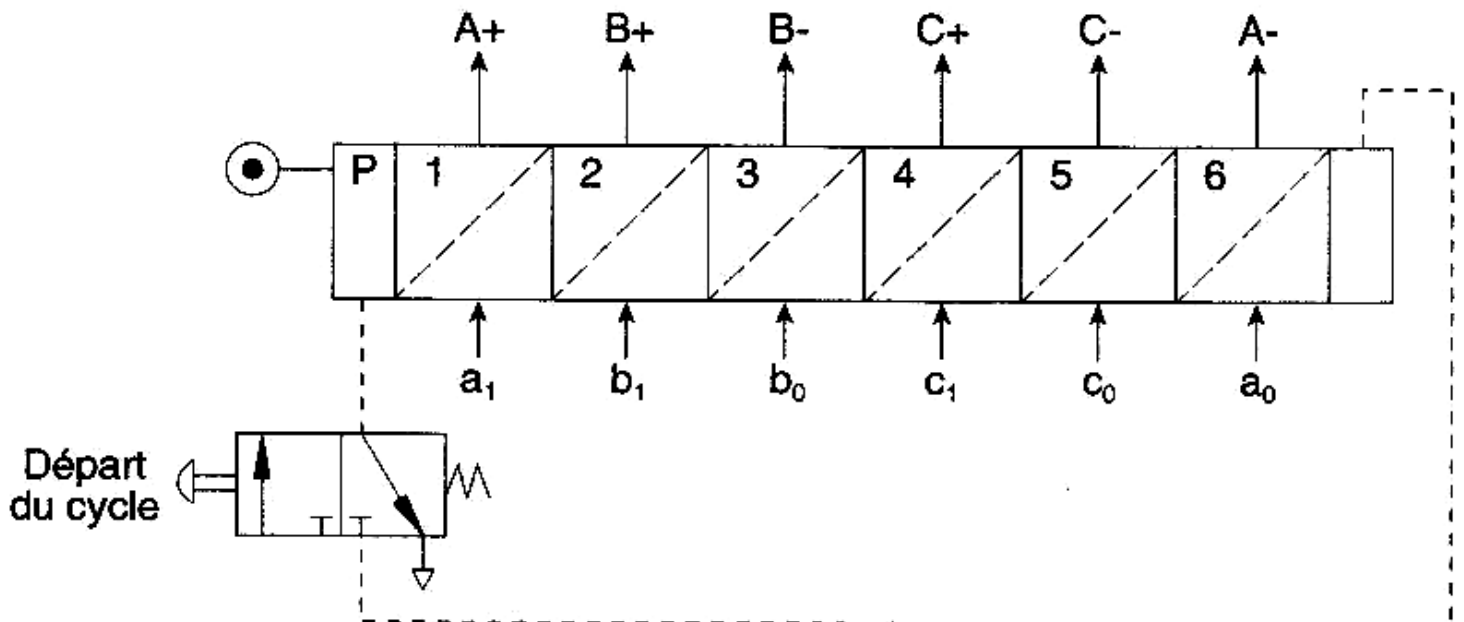
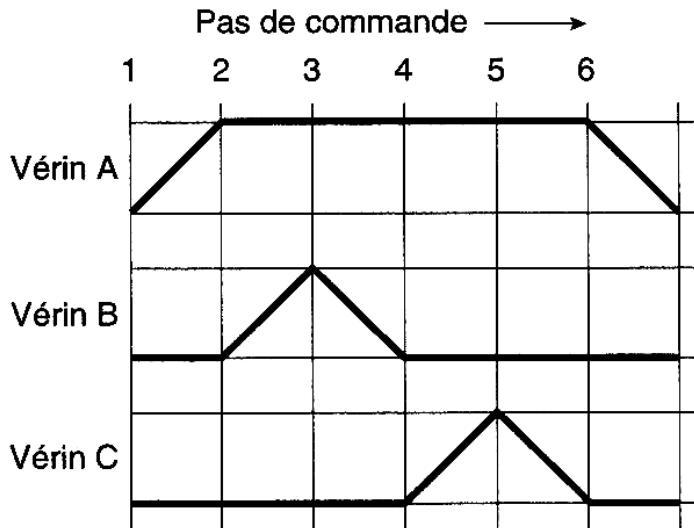
Schéma d'usage :



- L'entrée r_i indique le signal d'activation du module d'étape i
- La sortie S_i identique la sortie de la mémoire du module d'étape i
- **R** : Remise à zéro (RAZ) générale
- **P** : Alimentation en pression

Exemple 1

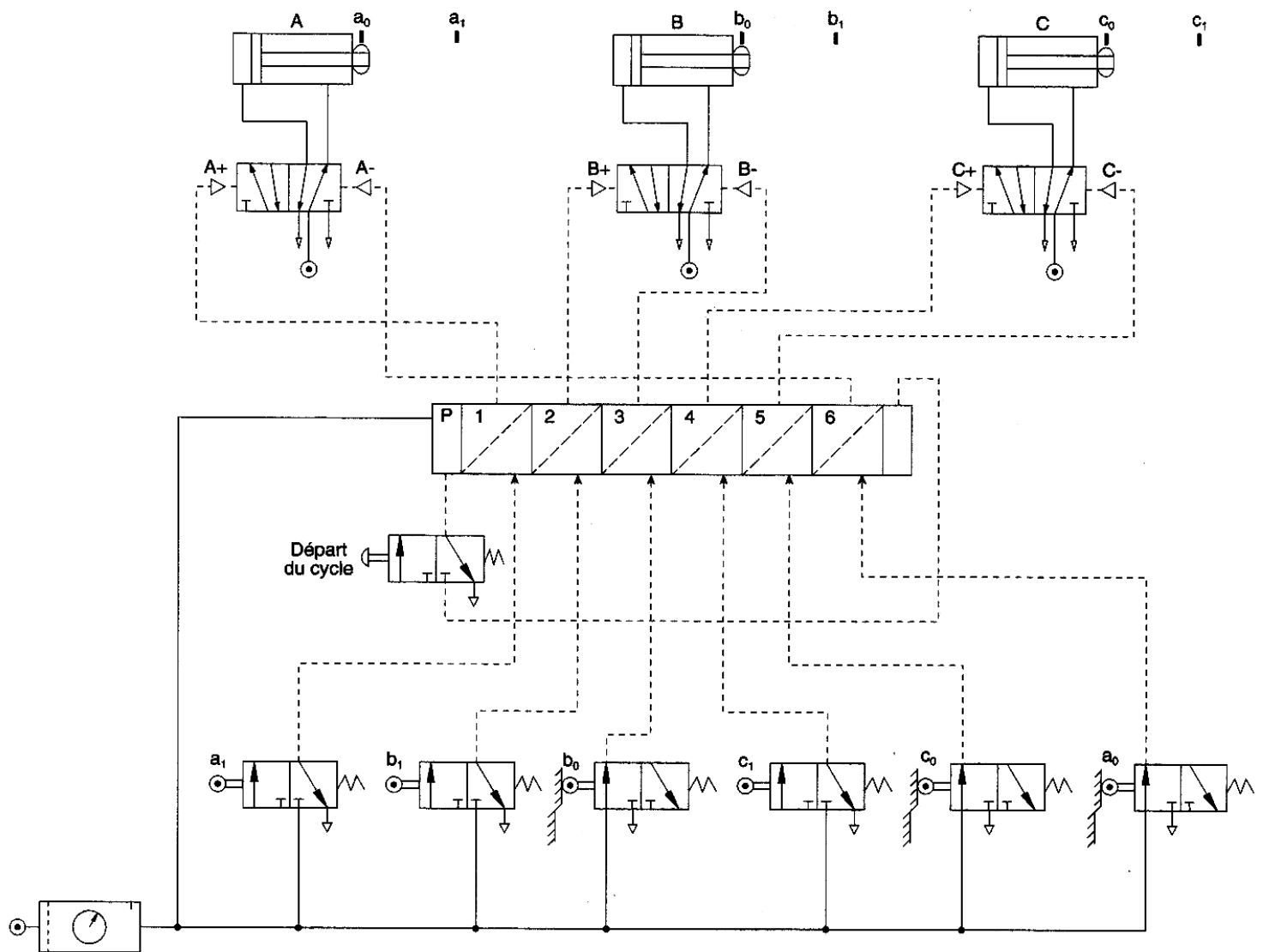
Séquence : A+ B+ B- C+ C- A-



Si l'on considère qu'un bouton-poussoir permet de démarrer le cycle

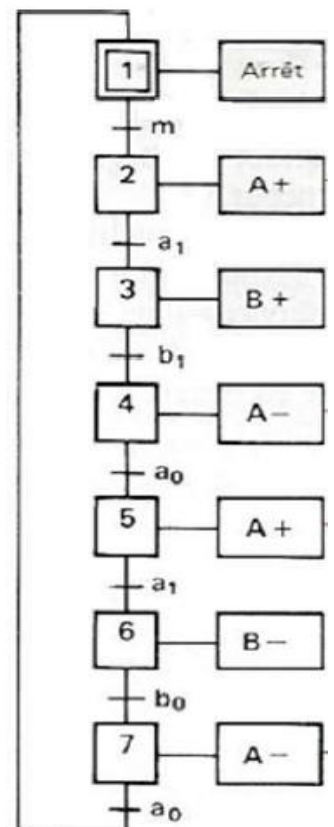
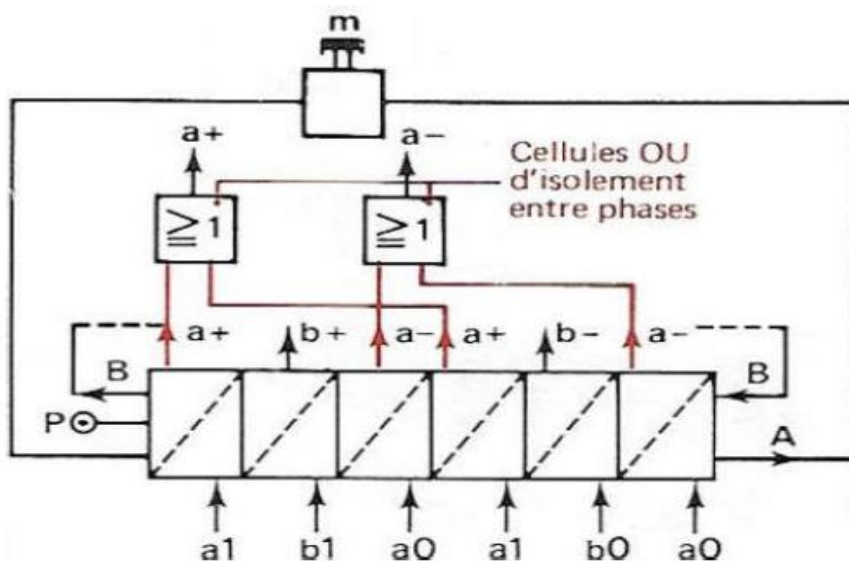
Il suffit ensuite de relier les sorties aux orifices de pilotage des Préactionneurs pour commander chacun des vérins. Quant à eux, les signaux d'entrée proviennent des capteurs de fin de course qui envoient un signal de retour pour indiquer que le mouvement a été effectué.

Schéma de montage complet de cette séquence :



Cycle de fonctionnement à actions répétées :

- Certains mouvements peuvent se répéter plusieurs fois dans le même cycle



Ventouses

Ventouses, effet de venturi :

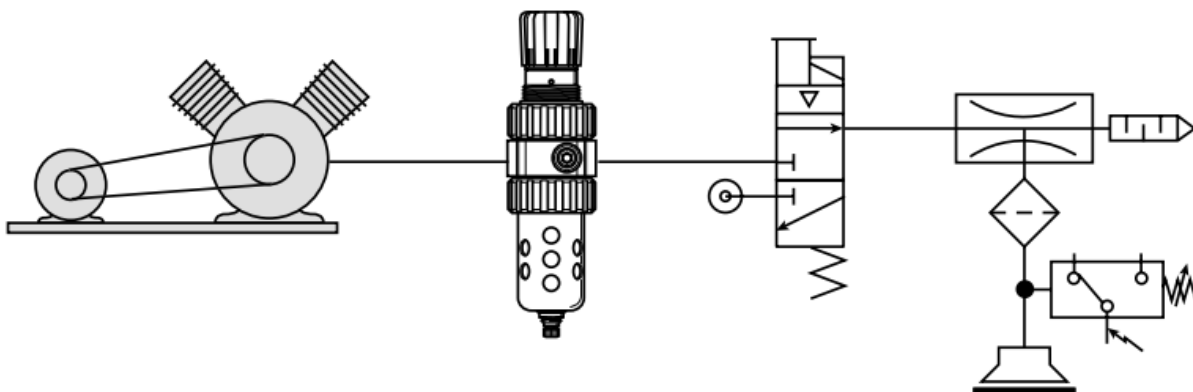
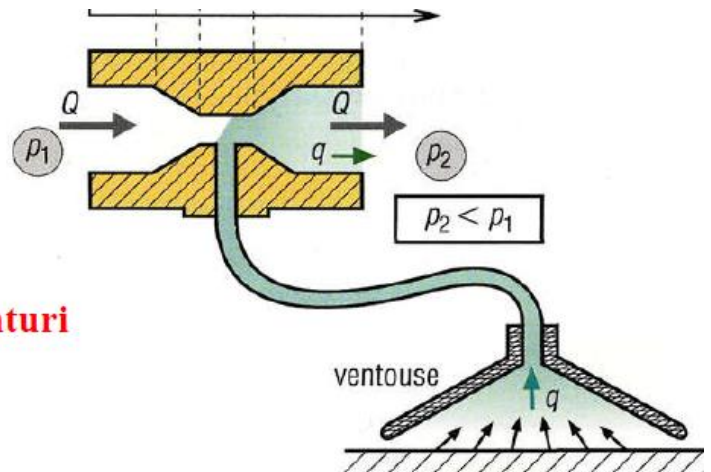
Le passage de l'air dans le rétrécissement permet de:

- ✓ Augmente la vitesse de l'air
- ✓ Diminue sa pression ($P_2 < P_1$)

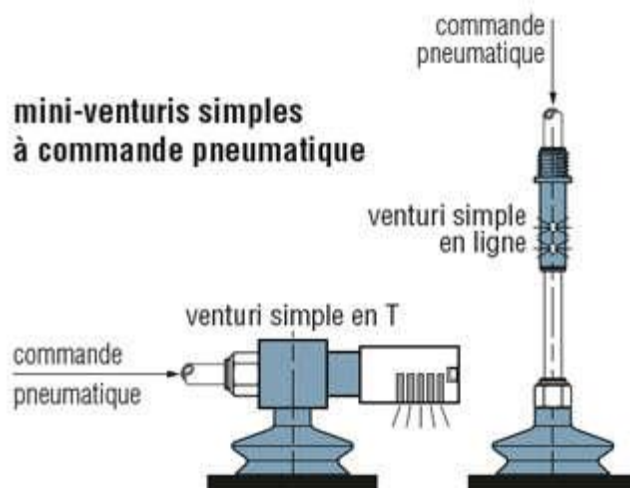
Il se crée alors une dépression qui permet d'aspirer l'air de la ventouse.

⇒ Ce phénomène s'appelle **l'effet Venturi**

Symbole :



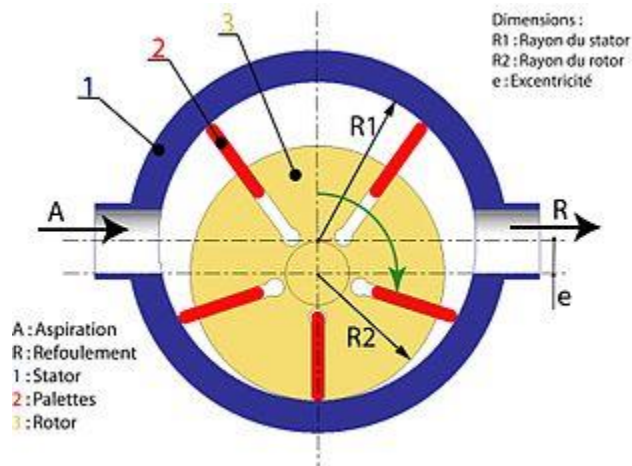
mini-venturis simples
à commande pneumatique



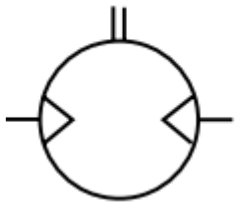
Moteurs pneumatiques

Présentation de moteur à palettes :

Il existe plusieurs moyens pour produire un mouvement de rotation à l'aide de l'air comprimé. Le plus courant est le moteur à palettes

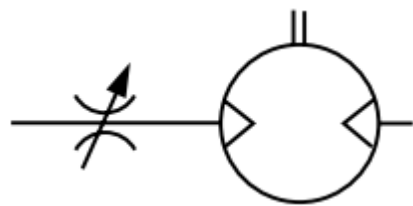


Symbole :

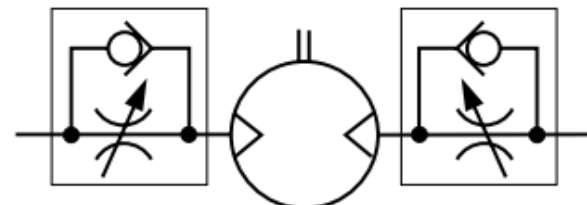


Le moteur à air peut être utilisé dans des zones où l'atmosphère est explosive à cause de gaz combustible

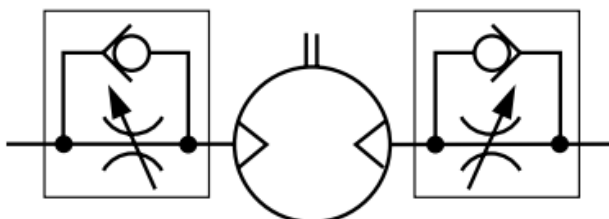
Régulation de vitesse :



Réglage soit à l'admission ou échappement avec seulement 1 sens



Réglage à l'admission avec choix de 2 sens



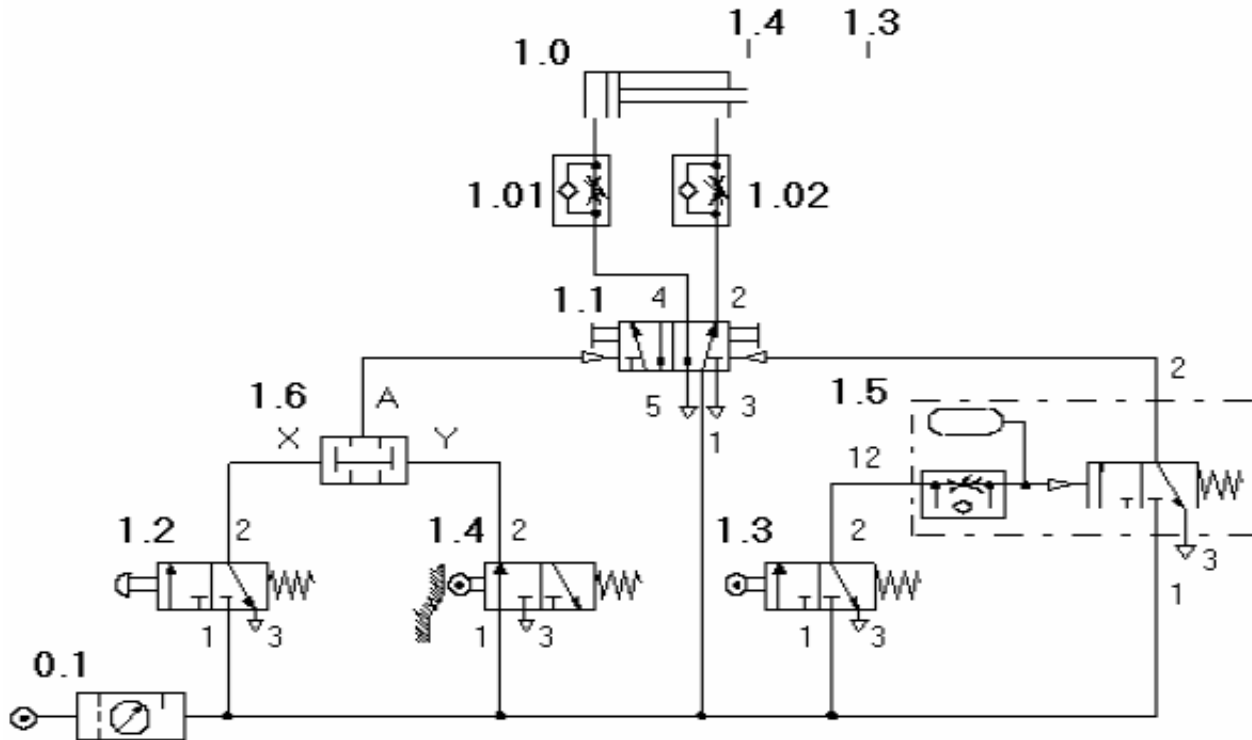
Réglage à échappement avec choix de 2 sens

EXERCICES

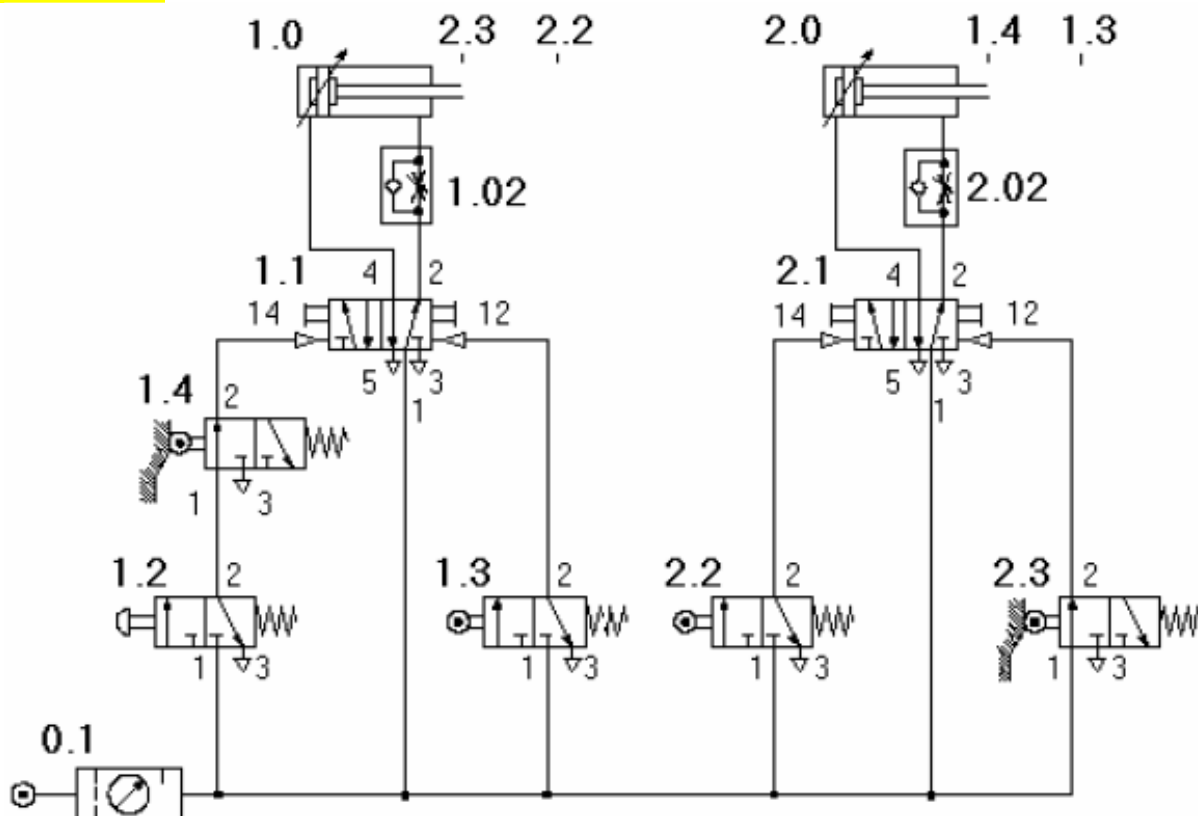
On demande pour chaque circuit pneumatique :

- Identifier les composants du circuit et leur rôle
- Décrire le fonctionnement à l'aide du chronogramme (diagramme des phases)
- Réaliser le schéma sur banc ou simulateur selon la disposition

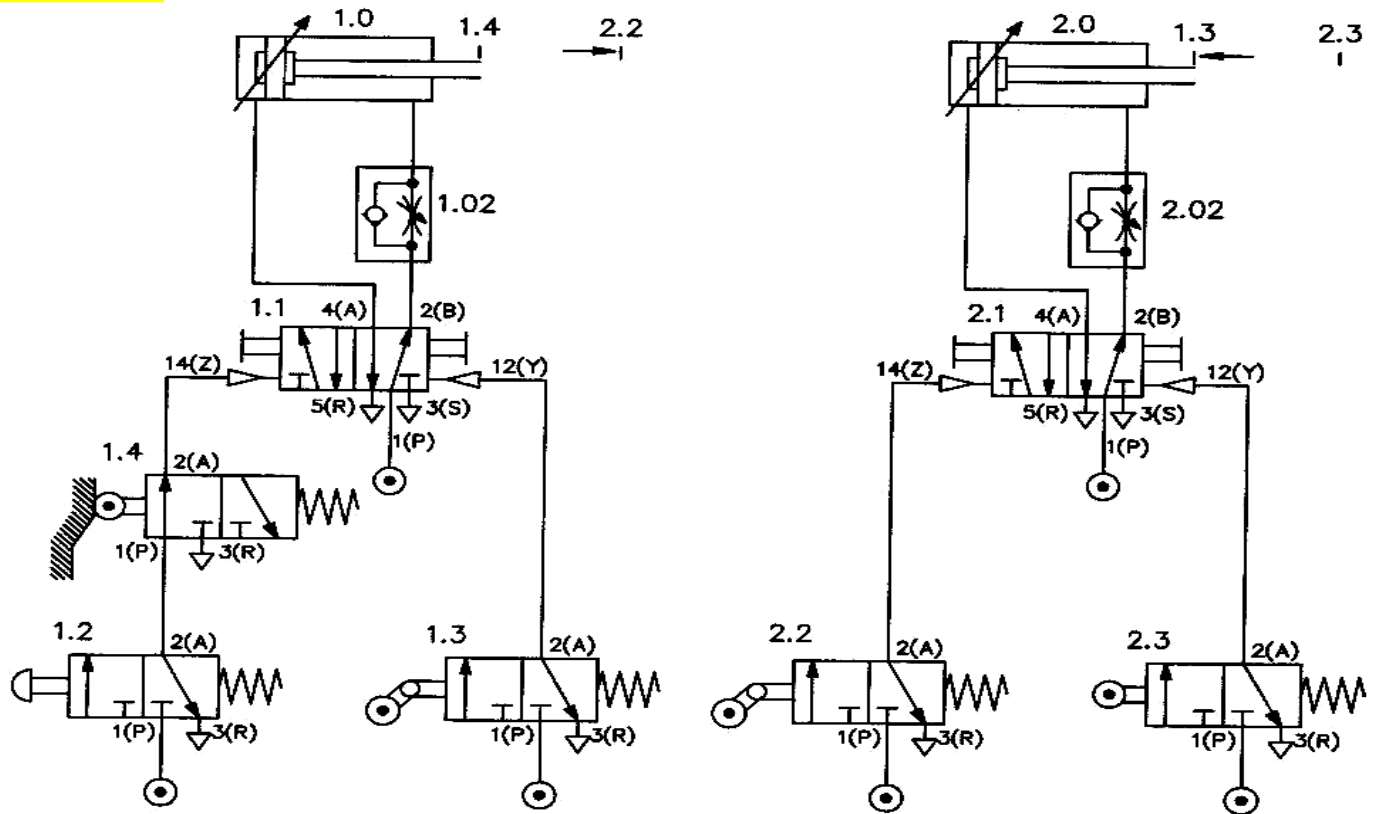
Exercice 1 :



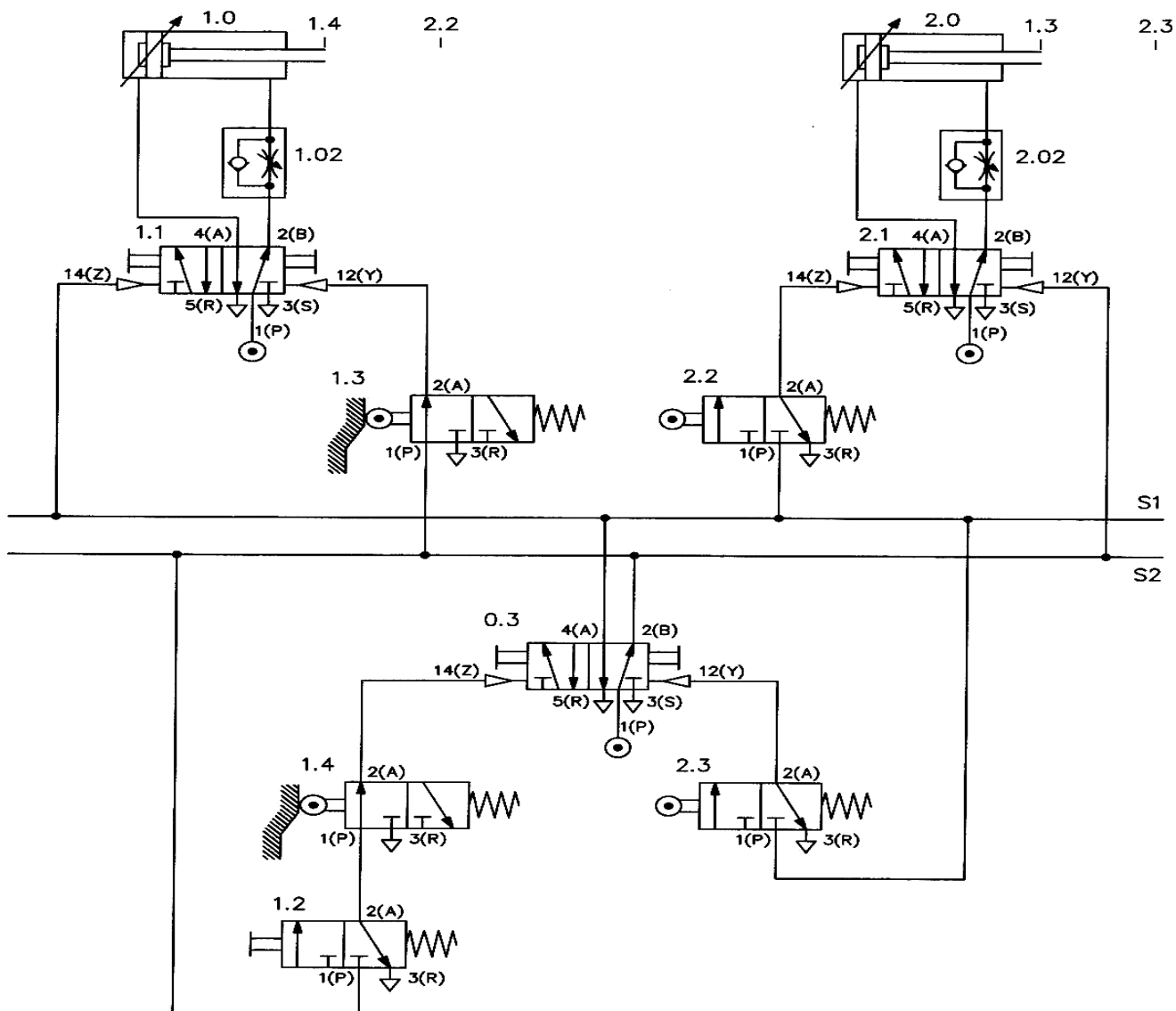
Exercice 2 :



Exercice 3 :



Exercice 4 :



Hydraulique et Electrohydraulique

GENERALITE :

Dans un système industriel, l'hydraulique se traduit par la transmission et la commande des forces par un liquide (huile hydraulique).

Avantages :

- la transmission de forces et de couples élevés ;
- une grande souplesse d'utilisation dans de nombreux domaines ;
- une très bonne régulation de la vitesse sur les appareils moteurs, du fait de l'incompressibilité du fluide ;
- le démarrage en charge des moteurs hydrauliques et des vérins ;
- une augmentation de la longévité des composants (tiroir des distributeurs). Contrairement aux systèmes pneumatiques, où il est nécessaire d'utiliser un lubrificateur après la filtration de l'air, les systèmes hydrauliques, du fait de la présence de l'huile, possèdent un excellent moyen de lubrification.

Inconvénients :

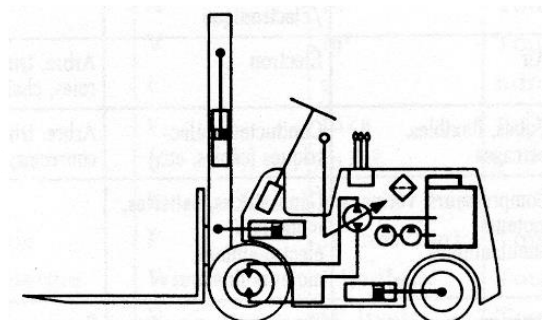
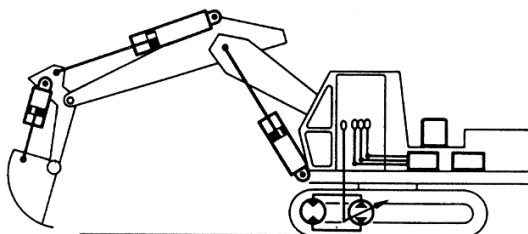
- les risques d'accident dus à l'utilisation de pressions élevées dans les systèmes $50 < p < 700$ bars
- les fuites qui entraînent une diminution du rendement ;
- les pertes de charge dues à la circulation de l'huile dans les tuyauteries ;
- les risques d'incendie dus à l'utilisation d'une huile hydraulique minérale inflammable.
- c'est un matériel coûteux (composants) dont la maintenance est onéreuse du fait du prix de revient élevé des composants, du remplacement de l'huile hydraulique et des filtres.

Applications de circuit hydraulique :

Les propriétés particulières offertes par l'hydraulique comme :

Exemple:

- La machine-outil
- Les engins de travaux publics
- Les véhicules industriels
- Les machines agricoles Dans le domaine agricole,
- La manutention
- L'aviation

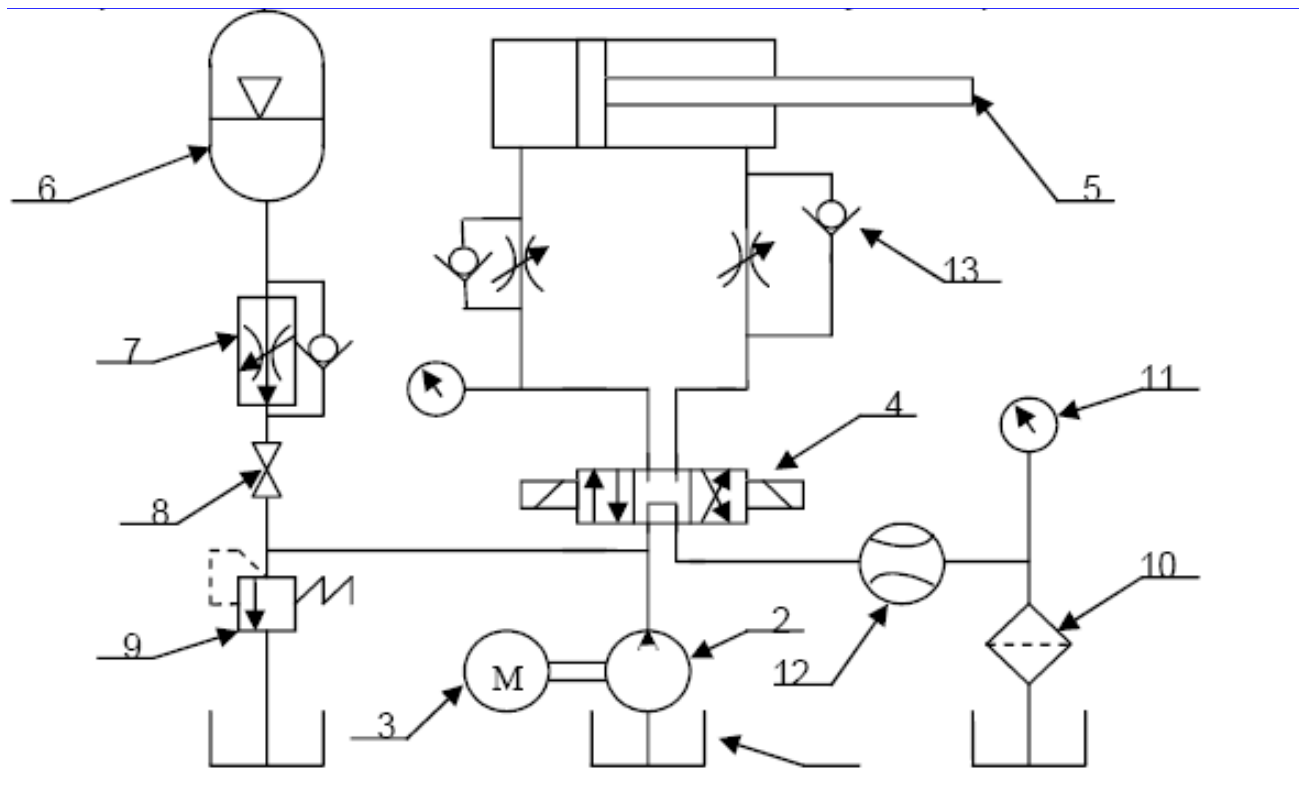


CIRCUITS HYDRAULIQUES :

Les circuits hydrauliques ont approximativement la même structure. Ils se composent tous :

- D'un groupe de puissance
- D'appareils de distribution et de régulation ;
- De récepteurs ayant pour rôle de transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique.

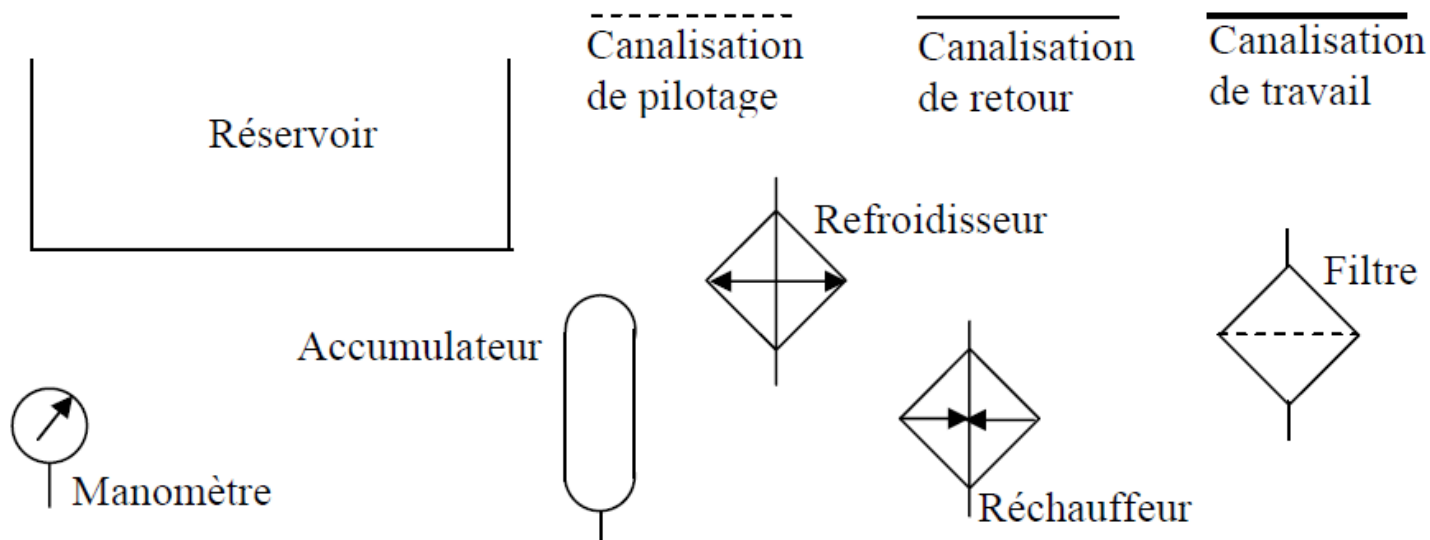
Composition d'un circuit hydraulique :



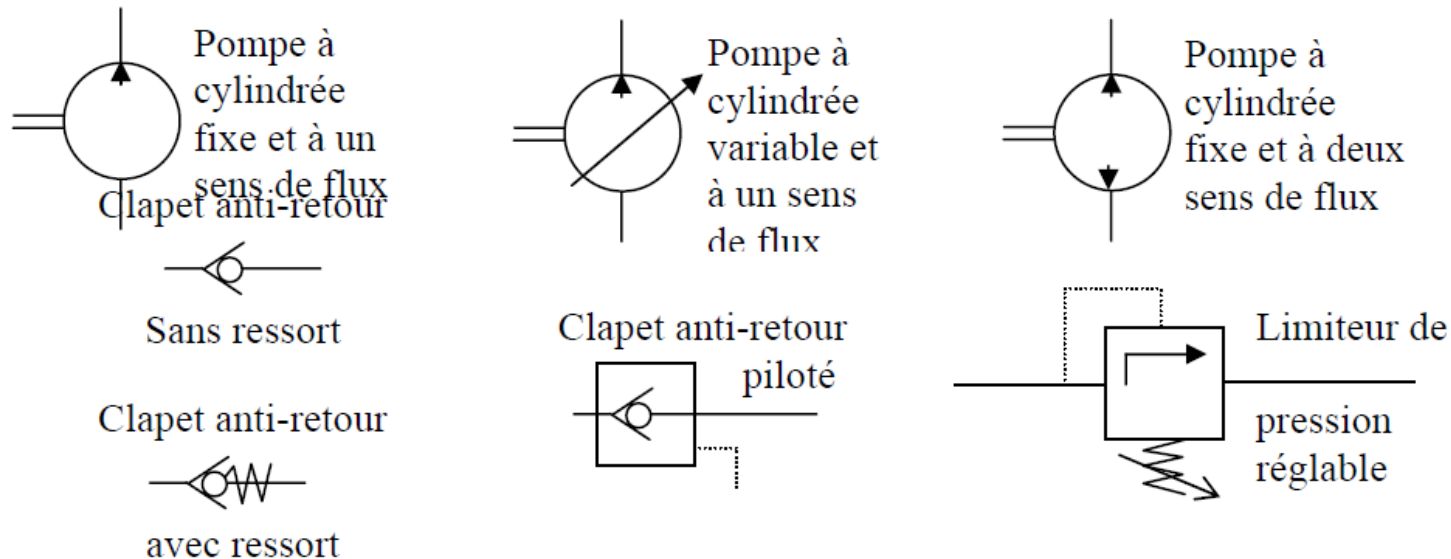
Rép.	Désignation	Fonction
1	Réservoir	Stocker le fluide
2	Pompe hydraulique	Générer la puissance hydraulique
3	Moteur électrique	Actionner la pompe
4	Distributeur 4/3	Distribuer la puissance hydraulique au vérin
5	Vérin double effet	Transformer la puissance hydraulique en puissance mécanique
6	Accumulateur	Stocker l'énergie hydraulique et la restituer en cas de besoin
7	Régulateur de débit	Régler le débit et la vitesse du fluide
8	vanne	Distribuer ou interrompre le passage du fluide
9	Limiteur de pression	Protéger l'installation contre les surpressions
10	filtre	Empêcher les impuretés de s'infiltrer dans les organes sensibles
11	Manomètre	Indiquer la valeur de la pression
12	débitmètre	Indiquer la valeur de débit
13	Clapet anti-retour	Autoriser le passage du fluide dans un seul sens

Symboles :

Autour du réservoir

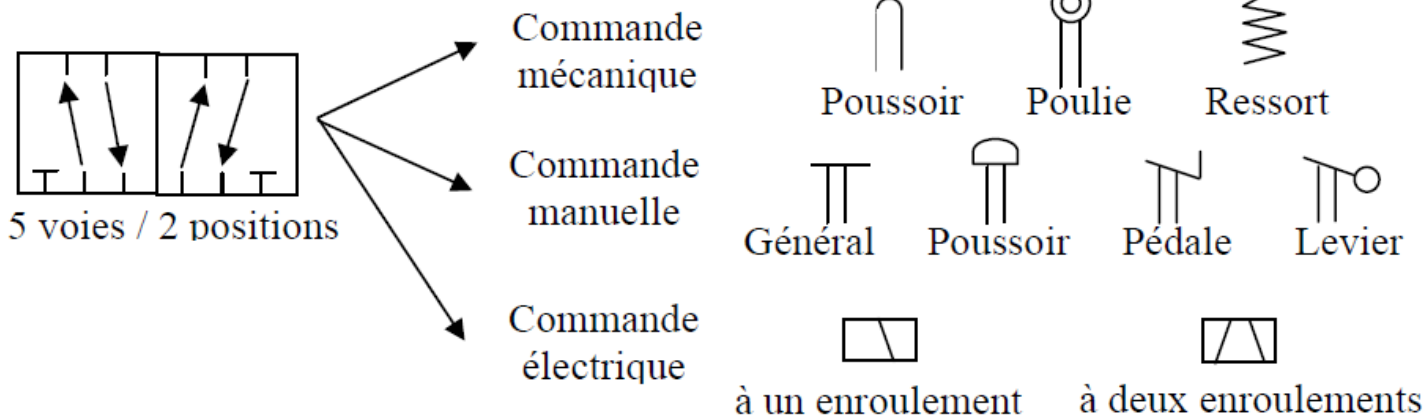


Autour du groupe de pompage

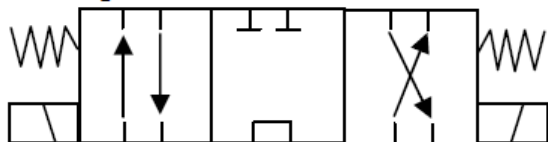


Autour de la distribution

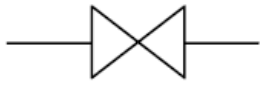
Distributeur



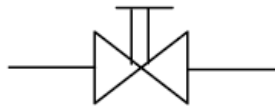
Exemple :



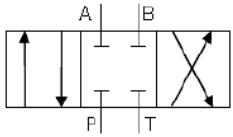
Distributeur 4 voies / 3 positions à commandes électriques et position normale au centre



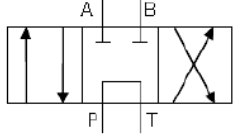
robinet



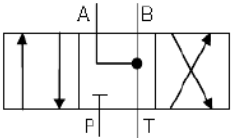
Vanne d'isolement



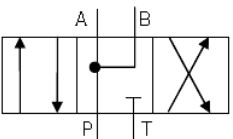
- Distributeur 4-3 centre fermé
- Tous les orifices sont fermés



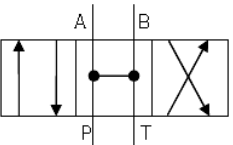
- Distributeur 4-3 centre ouvert
- La pompe débite au réservoir par le distributeur



- Distributeur 4-3 P fermé Y à droite
- Alimentation de moteurs hydrauliques

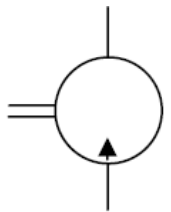


- Distributeur 4-3 T fermé Y à gauche
- Si vérin simple tige, il sort et est maintenu sorti

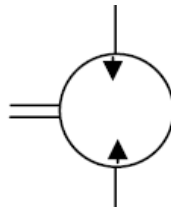


- Distributeur 4-3 centre en H
- Tous les orifices communiquent

Autour des actionneurs



Moteur à cylindrée fixe et à un sens de flux



Moteur à cylindrée fixe et à deux sens de flux

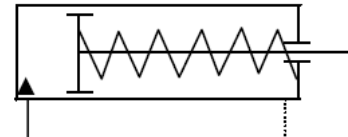


Schéma simplifié d'un vérin simple effet à rappel par ressort

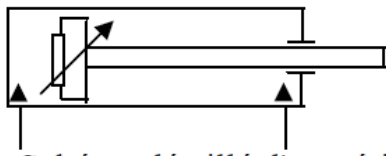
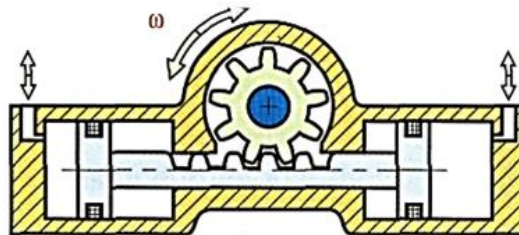
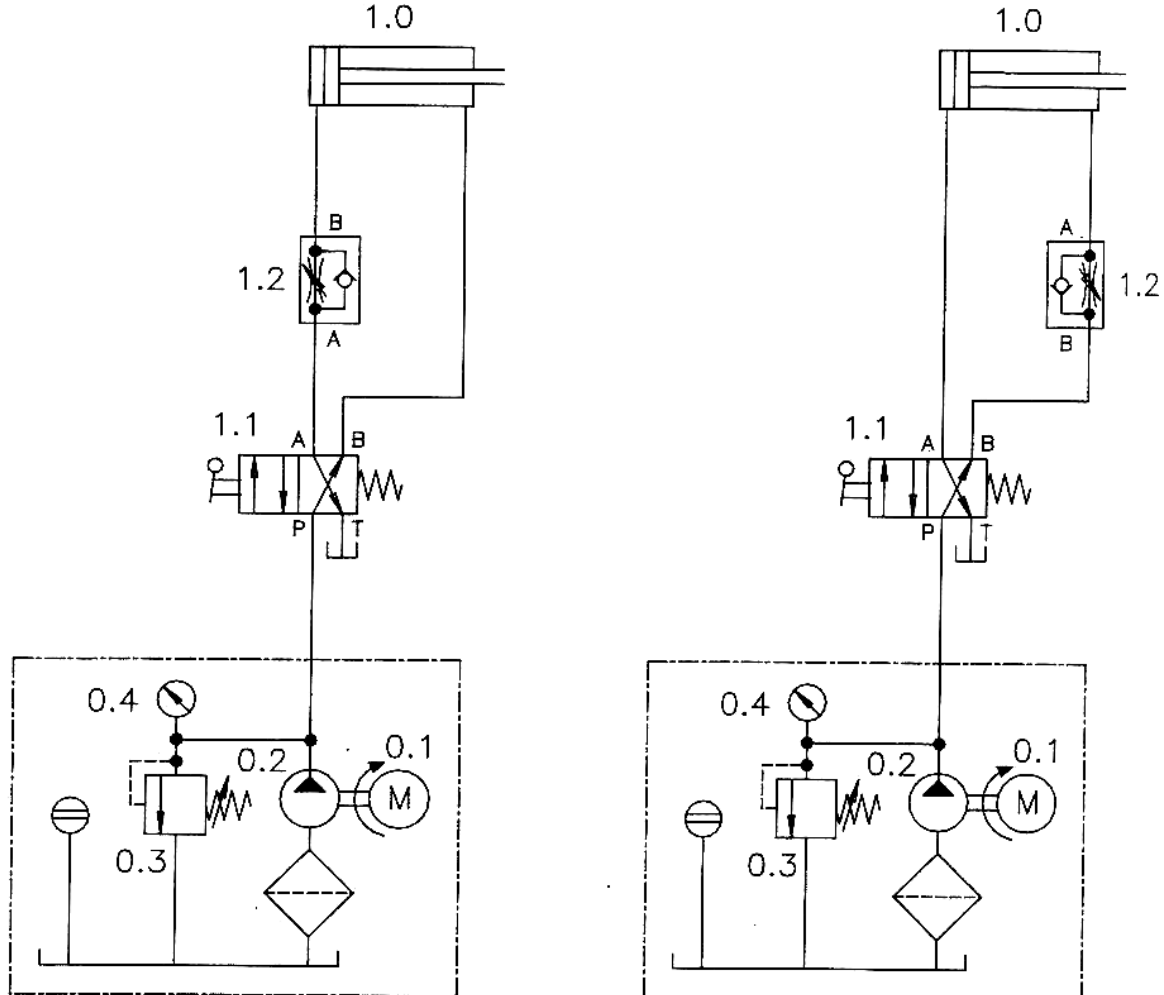


Schéma détaillé d'un vérin double effet avec amortisseur arrière réglable

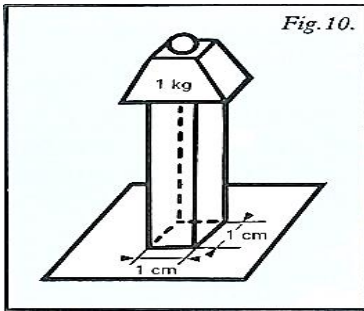


Réducteur de débit réglable



FORMULES DE BASE EN HYDRAULIQUE

La Pression :

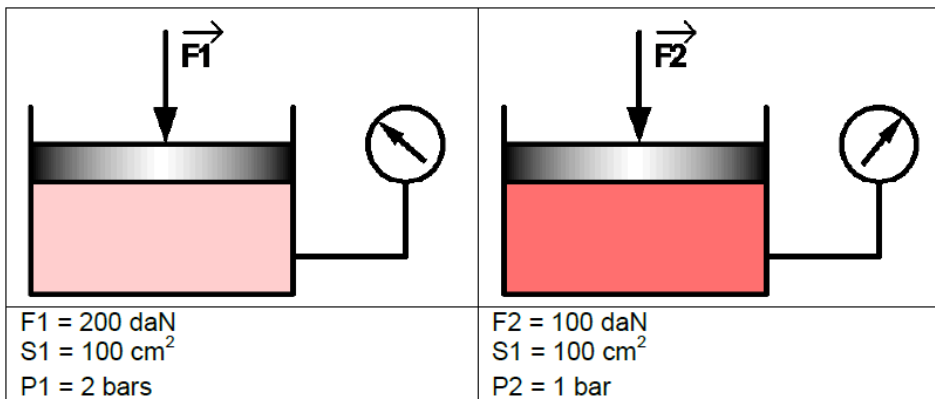


Une pression est le résultat d'une force appliquée sur une surface.

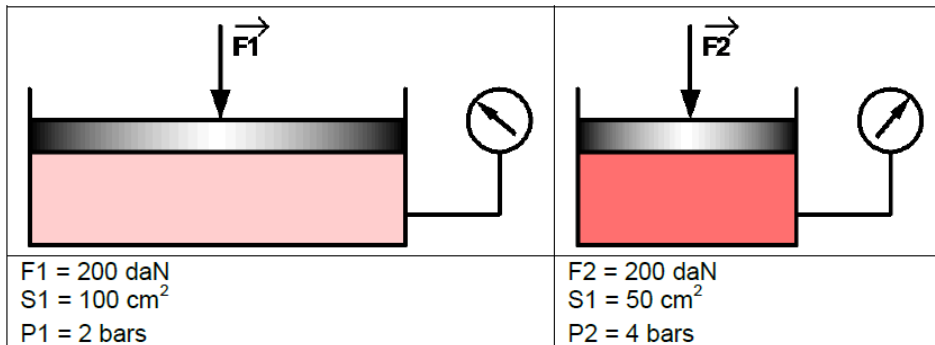
Cette pression s'exprime en bars. (Le bar est l'unité de pression).

$$1 \text{ bar} = 1.02 \text{ kg/cm}^2 = 1 \text{ daN/cm}^2 .$$

La pression dépend de la charge

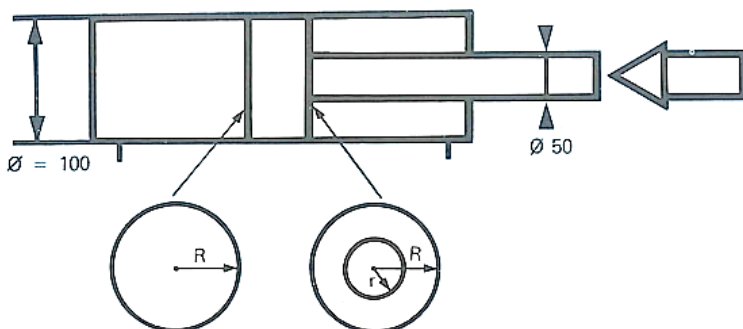


La pression est fonction de la dimension du cylindre



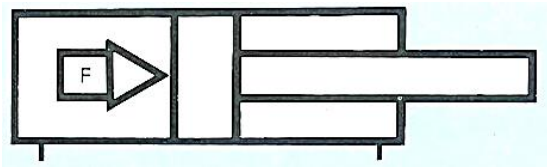
$$\text{Pression (bar)} = \frac{\text{Force (daN)}}{\text{Section (cm}^2\text{)}} \Leftrightarrow p \text{ (bar)} = \frac{F \text{ (daN)}}{S \text{ (cm}^2\text{)}}$$

La Force :

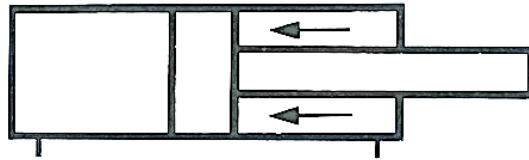


$$F = p . S$$

Pour une pression de 180 bars



Force de sortie = 14 130 daN



Force de rentrée = 10 596,6 daN

Le Débit :

Le débit est une quantité de liquide fournie par une source quelconque dans l'unité de temps.

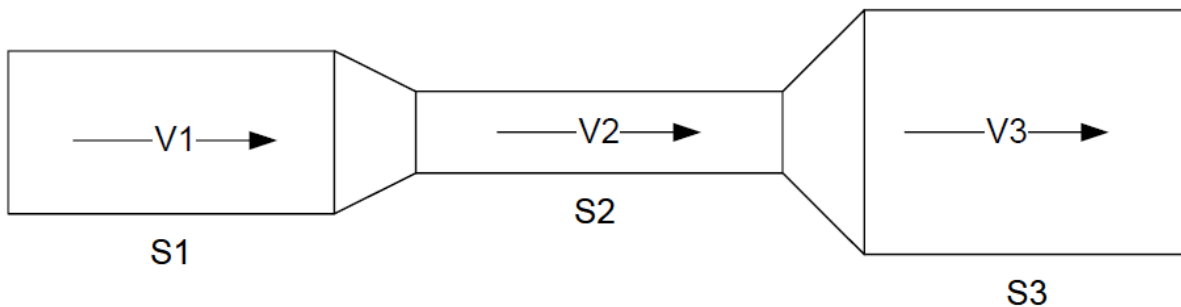
Il s'exprime en litres par minute (L/mn).

$$Q = S.v.6$$

Débit (litres/minutes) = Section (cm²) x vitesses (m/s) x 6

$$Q\left(\frac{m^3}{s}\right) = S \frac{D}{t} = \frac{V(m^3)}{t(s)}$$

ne pas confondre V et v (V : volume et v : vitesse)



$$Q = v_1 \cdot S_1 = v_2 \cdot S_2 = v_3 \cdot S_3$$

S est la section de l'écoulement en m² et v est la vitesse de l'écoulement en m/s.

Le Débit volumétrique pompe :

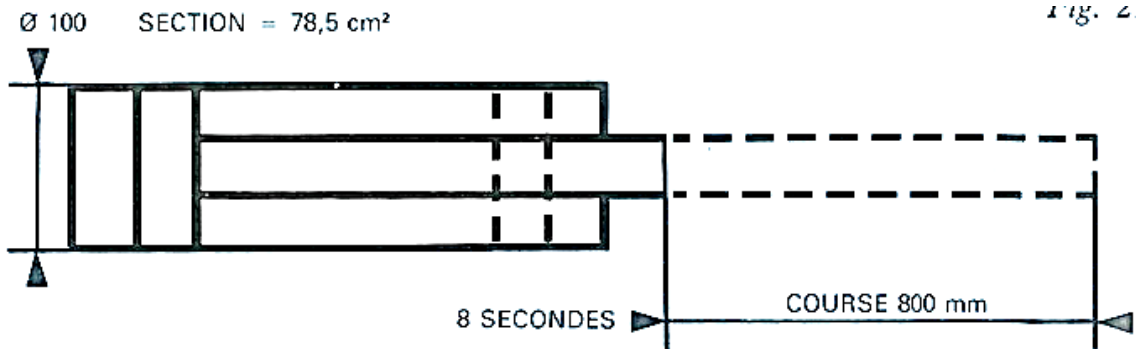
$Q_v (m^3/s) = \text{Cylindrée} (m^3/tr) \cdot \text{vitesse de rotation} (tr/s)$

$$Q_v = C.N \quad \text{ou} \quad Q_v = \text{Cyl}.N$$

En hydraulique souvent on utilise le (cm³) et le (L)

$$1L = 1000 \text{ cm}^3$$

Exemple 1 :



Quel sera le débit d'alimentation du vérin ?

Diamètre 100 = section 78,5 cm²

Course 800 mm en 8 secondes.

Volume du vérin (cm³) = Section (cm²) x course (cm) = 78,5 x 80 = 6 280 cm³

Nous avons donc 6280 cm³ en 8 secondes soit 785 cm³/seconde
d'où un débit de 785 x 60 = 47 100 cm³/minute = 47,1 litres/minute

On peut appliquer directement la formule suivante :

Débit (litres/minutes) = Section (cm²) x Vitesse (m/s) x 6

Exemple 2 :

Quelle sera la vitesse du vérin et le temps de déplacement ?

Vérin simple effet diamètre 40 = section 12,56 cm²

Course 600 mm

Débit d'huile du tracteur : 20 litres/minute

Vitesse du vérin = Débit (l/min) / (Section (cm²) x 6)
= 20 / (12,56 x 6) = 0,26 m/s

Temps de déplacement = Course (mm) / Vitesse (m/s)
0,600 / 0,26 = 2,3 secondes

La Puissance :

La puissance est la quantité de travail (travail = force x déplacement) fournie en une seconde. En hydraulique, la puissance se mesure en kilowatts.

Puissance (kilowatts) = Débit (l/min) x Pression (bars) / 600

$$P = \frac{Q \cdot p}{600}$$

$$\text{Puissance (W)} = \text{Pression(Pa)} \times \text{débit (m}^3/\text{s)}.$$

RENDEMENT VOLUMETRIQUE :

C'est le rapport entre le débit réel obtenu au refoulement (Q_v) et le débit théorique compte-tenu de la cylindrée et de la vitesse de rotation de la pompe(Q_{th})

Le rendement volumétrique s'exprime en pourcentage

$$\eta_v \% = Q_{\text{réel}} \cdot 100 / Q_{\text{théorique}} = Q_v \cdot 100 / Q_{th}$$

La différence entre le Q réel et le Q théorique est due aux fuites internes situées entre l'aspiration et le refoulement¹ par les jeux mécaniques

$$Q_{\text{théorique}} - Q_{\text{réel}} = \text{fuites internes}$$

RENDEMENT MECANIQUE :

C'est le rapport entre la pression réelle relevée au refoulement et la pression théorique.

$$\eta_m \% = (p_{\text{réelle}} \times 100) / (p_{\text{théorique}})$$

RENDEMENT GLOBAL :

Le rendement global est le produit du rendement volumétrique et du rendement mécanique. Il s'exprime en pourcentage

$$(\eta_g) = (\eta_v) \times (\eta_m)$$

Il est également fonction du rapport puissance hydraulique et puissance mécanique.

$$(\eta_g) = \text{Puissance hydraulique} / \text{Puissance mécanique}$$

EXERCICES

Exercice1:

Une pièce est serrée dans un étau par un vérin hydraulique, diamètre du piston $D=5\text{ cm}$, soumis à une pression de $P=5\text{ bars}$.

- a)- Calculer la surface (S) du piston.
- b)- Calculer la force (F) appliquée sur la pièce serrée.

Exercice 2:

Afin de déplacer un chariot à l'aide d'un vérin hydraulique, qui doit développer une force de 1200 daN . On donne : Le débit : $Q_v = 20\text{ l/min}$, La course du vérin : $c = 0,5\text{ m}$

Diamètre d'alésage du vérin : $D = 60\text{ mm}$

1. Calculer La pression nécessaire p (en bar) dans le vérin.
2. Calculer la vitesse de sortie de la tige du vérin v (en cm/s).
3. Calculer le temps t (en s) mis par la tige pour parcourir la course c .
4. Sachant que la cylindrée de la pompe $Cyl=4\text{ cm}^3/\text{tr}$, calculer sa vitesse de rotation N (en tr/min).

Exercice 3:

L'étude porte sur la détermination de la vitesse de sortie du vérin afin de respecter les durées d'ouverture et fermeture des volets.

1. Donner l'expression de la pression p (en bar) en fonction de la force F_s et du diamètre d'alésage d_1 du vérin.
2. Calculer la valeur de la pression p (en bar).

On donne :

- Diamètre d'alésage $d_1 = 100\text{ mm}$
- Force de sortie du vérin $F_s = 6280\text{ N}$
- Rappel: $1\text{ bar} = 1\text{ daN/cm}^2$ et $1\text{ litre} = 1000\text{ cm}^3$

3. Donner les expressions des vitesses V_s de sortie et V_r de rentrée du vérin en fonction du débit Q_v de la pompe et des diamètres d_1 et d_2 du vérin.
4. Calculer les vitesses V_s de sortie et V_r de rentrée du vérin (en cm/s).

On donne

- $Q_v = 5 \text{ l/min}$
- Diamètre de tige $d_2 = 20 \text{ mm}$

Rappel: La pression : $p = F/S$

Le débit : $Q_v = \text{Volume} / \text{temps} = \text{Vitesse} \cdot \text{Surface} = Cyl \cdot N$

La puissance hyd: $P_{hyd} = \text{pression} \times Q_v$

Exercice 4:

Pompe: $Q_v = 6 \text{ L/min}$; Génère une pression de 10 bars. Vérin: $D = 200 \text{ mm}$ $d = 30 \text{ mm}$

Calculer :

- L'effort lors de la sortie du vérin F_s .
- L'effort lors de la sortie du vérin F_r .
- La vitesse d'avance V_s et de recul V_r du vérin.

Exercice 5:

Le fluide à la sortie d'une pompe à engrenage, s'écoule à une vitesse $V = 120 \text{ m/min}$, dans un conduit d'une section $S = 6 \text{ cm}^2$; La pompe génère une pression $P = 50 \text{ bars}$.

a) Calculer (en L/min) le débit Q de cette pompe, sachant que $Q = V \cdot S$

b) Calculer (en daN) l'effort F appliqué sur un vérin, sachant que l'aire du piston $S_{\text{piston}} = 10 \text{ cm}^2$.