

**- AUTOMATISMES LOGIQUES : modélisation et commande -**

-----  
**VOLUME 1 : STRUCTURE ET PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT**  
 -----

**- 3° édition revue et augmentée – v7**

**- TABLE DES MATIERES -**

**- PAGE-**

<b><u>Chapitre 1 : STRUCTURE D'UN AUTOMATISME LOGIQUE</u></b>	<b>1</b>
<b><i>ET NOTION DE CAHIER DE CHARGES</i></b>	
-I- Notions sur l'automatisation et les automatismes	02
-II- Structure d'un automate logique	05
-III- Modes de marche d'un système automatisé	11
-IV- Approche du cahier de charges de la partie commande	14
-V- Exemple d'application : la machine à laver	18
<b><u>Chapitre 2 : LE GRAFCET</u></b>	<b>23</b>
-I- Introduction	24
-II- Eléments du grafcet	25
-III- Règles d'évolution	28
-IV- Représentation des séquences multiples	30
-V- Compléments introduits par la norme CEI-848	39
<b><u>Chapitre 3 : ELEMENTS DE TECHNOLOGIE</u></b>	<b>43</b>
-I- Rappel sur la structure d'un automate dans les technologies concurrentes	44
-II- Actionneur pneumatique : le vérin	45
-III- Préactionneur pour actionneur pneumatique : le distributeur	66
-IV- Les interfaces	77
-V- La fonction mémoire	87
-VI- Organe de commande : le programmeur cyclique à cames	90
<b><u>Chapitre 4 : COMMANDE EN LOGIQUE CABLEE</u></b>	<b>93</b>
-I- Synthèse de la partie commande	94
-II- Matérialisation de grafcet par des séquenceurs	100
-III- Le séquenceur électronique à bascules	105
-IV- Le séquenceur électrique	111
-V- Le séquenceur pneumatique	122
<b><u>Chapitre 5 : COMMANDE EN LOGIQUE PROGRAMMEE : L'API</u></b>	<b>128</b>
<b><i>A.P.I. : AUTOMATE PROGRAMMABLE INDUSTRIEL</i></b>	
-I- Introduction	129
-II- Architecture	130
-III- Programmation	136
-IV- Programmation de grafcets à séquences multiples	165
-V- Câblage des automates TSX 17	174
-VI- Programmation en Sucosoft S40 sur API Moeller PS4-200	177
<b><u>Chapitre 6 : PROBLEMES DE SYNTHESE</u></b>	
<b><u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u></b>	<b>231</b>
<b><u>ANNEXES :</u></b>	<b>232</b>
-I- <u>Programmation Step 5</u>	232
-II- <u>Extensions du Grafcet et GEMMA</u>	259
-III- <u>Feuille GEMMA</u>	269
-IV- <u>Alimentation et commande des automatismes électriques</u>	270

### **-III-LE DISTRIBUTEUR « PILOTE »**

De même que le contacteur est associé au moteur électrique, le distributeur est le préactionneur associé au vérin.

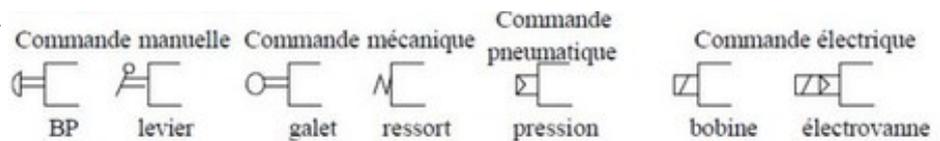
Le but d'un distributeur est de mettre en communication divers orifices deux à deux. Ceci peut être réalisé soit par rotation d'un disque distributeur ou d'un boisseau, soit par glissement d'un tiroir, soit par soulèvement d'un clapet. En pratique les distributeurs à tiroir sont les plus répandus : le tiroir piloté par les signaux pneumatiques de commande commute les canaux de pression et d'échappement, alternant ainsi les états des orifices de sortie raccordés au vérin.

#### **-1-Moyens de pilotage ou de commande**

Fonctionnellement le distributeur a pour rôle de délivrer un débit d'air comprimé (pour commander un vérin) à la réception d'un signal de commande. La commande se fait soit par pilotage pneumatique, soit par électrovanne recevant le signal électrique de commande, soit par commande manuelle auxiliaire (pour les interventions de mise au point).

Bistable, un distributeur garde sa position (fonction mémoire) en l'absence de signal de pilotage. Monostable, il est rappelé à sa position stable de repos, soit par un ressort de rappel, soit par une pression permanente (retour différentiel).

Lorsqu'il n'y a pas de circulation du fluide à travers le distributeur en position de repos, le distributeur est dit normalement fermé ou connecté (NC). Si c'est l'inverse on parle de distributeur normalement ouvert (NO).



*Figure 3.3.1 : Types de pilotage les plus courants*

#### **-2-Symboles normalisés** (normes DIN ISO 1219)

Un distributeur est caractérisé par :

- le nombre d'orifices : 2, 3, 4 ou 5 ;
- le nombre de modes de distribution ou positions : 2 ou 3 ;
- la technologie de pilotage : pneumatique, électropneumatique, électrique ou mécanique ;
- le type de commande du pilotage assurant le changement de position : simple commande ou simple pilotage (monostable avec rappel par ressort), double pilotage (bistable), double pilotage (monostable avec rappels au centre par ressort) dans le cas des distributeurs à 3 positions ;
- la technologie de commutation : clapets, tiroirs, tiroirs plans.

### 2.1. Principe

On parle de distributeur 2/2, 3/2, 4/2, 4/3, 5/2. Le premier chiffre correspond au nombre d'orifices et le second au nombre de positions de travail.

Dans la représentation, le nombre de rectangles (ou de carrés) correspond au nombre de positions de travail du distributeur.

Les orifices d'admission et d'échappement, ainsi que les numéros des orifices, sont représentés sur le rectangle correspondant à la position active.

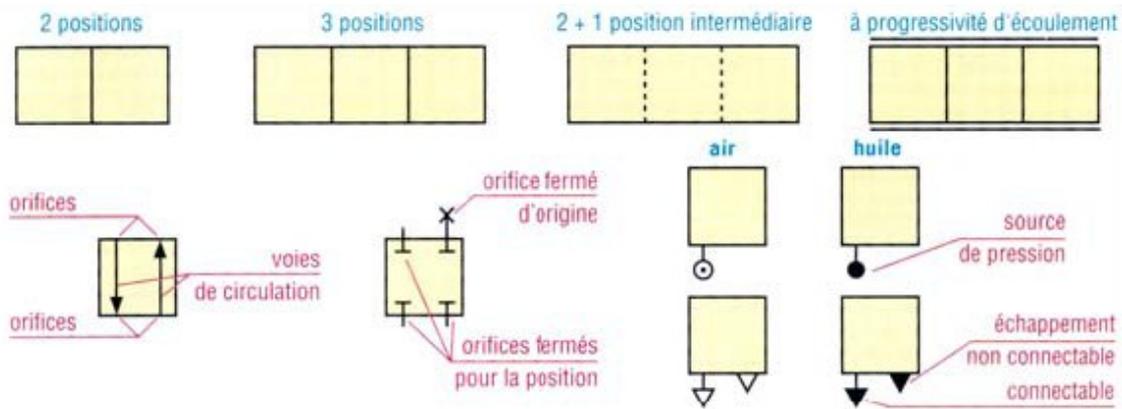


Figure 3.3.2 : Principe de symbolisation des distributeurs [1]

- **Flèches** : dans chaque case ou position, les voies sont figurées par des flèches indiquant le sens de circulation du fluide entre les orifices.

- **T** : les orifices non utilisés dans une position sont symboliquement obturés par un T droit ou inversé.

- **Source de pression** : elle est indiquée soit par un triangle pointant vers l'intérieur, soit par un cercle clair en pneumatique (noirci en hydraulique) avec un point au centre.

- **Echappement** : il est symbolisé par un triangle pointant vers l'extérieur, clair en pneumatique (noirci en hydraulique).

- **Position initiale** : les lignes de raccordement entre réseau et distributeur aboutissent toujours à la case symbolisant la position initiale ou de repos ; cette case est placée à droite pour les distributeurs à deux positions, au centre pour ceux à trois positions.

Le symbole de la pression (cercle) est mis à droite de la case de repos s'il n'y a qu'un échappement (triangle), au milieu s'il y a deux échappements.

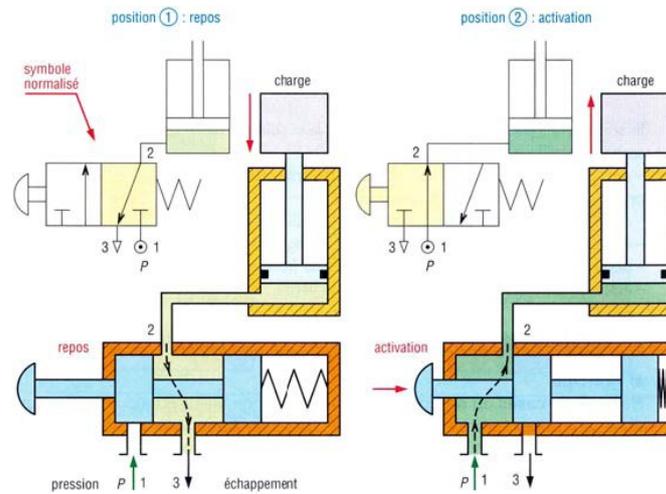


Figure 3.3.3 : Exemple de représentation et symbolisation des positions repos et active (distributeur 3/2)[1]

### 2.2. Repérage des orifices

Le repérage par des chiffres pour les orifices (des lettres en hydraulique) et des nombres pour les pilotages est normalisé :

- repère 1 pour l'orifice d'alimentation en air comprimé,
- repères pairs 2 et 4 pour les orifices d'utilisation ou sorties de commande,
- repères impairs 3 et 5 pour les orifices d'échappement,
- repère 12 pour l'orifice de pilotage mettant en pression la voie 1-2 (en communication les orifices 1 et 2),
- repère 14 pour l'orifice de pilotage mettant en pression la voie 1-4 (en communication les orifices 1 et 4),
- repère 10 pour l'orifice de pilotage ne mettant aucune voie en pression.

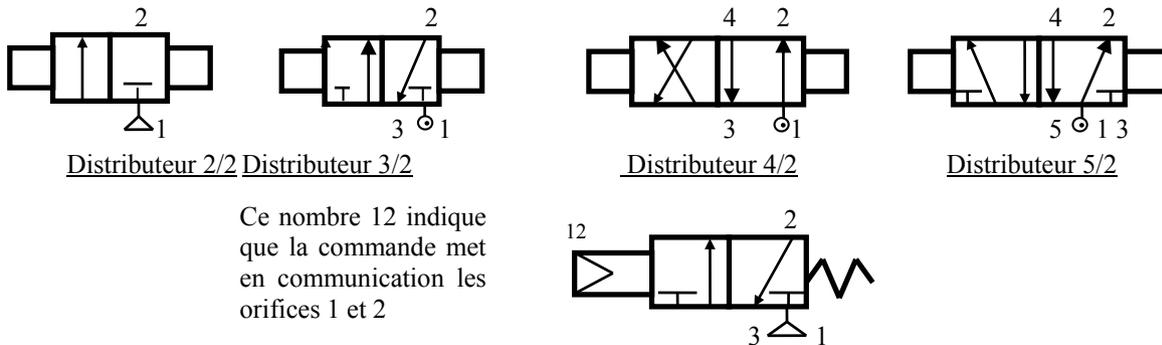


Figure 3.3.4 : Distributeur 3/2 à commande pneumatique et retour par ressort de rappel

### 2.3. Choix des distributeurs

Ce choix dépend naturellement de l'actionneur à alimenter :

- 2/2 pour le moteur à un sens de marche, un blocage ou une ventouse ;
- 3/2 pour un vérin simple effet, une ventouse ou la purge de circuit ;
- 4/2 ou 5/2 pour un vérin double effet ou un actionneur deux sens de marche ;
- 5/3 pour les moteurs pneumatiques, ou les vérins double effet ;
- 4/3 très utilisé en hydraulique.

#### 2.4. Choix de la technologie de commande ou du pilotage

On distingue principalement trois possibilités en fonction de la technologie utilisée :

- **Pilote pneumatique** : recommandé si atmosphère explosive, humide ou agressive. Ce type de pilotage est possible même avec une partie commande électrique, grâce à des interfaces électropneumatiques déportées et en armoire protégée.
- **Pilote électropneumatique** : le déplacement du tiroir distributeur est assuré par l'air comprimé, mais celui-ci est admis par l'intermédiaire d'une mini-électrovanne à clapet. Ce type de pilotage est le plus répandu car il est adapté aux parties commandes électriques tout en assurant une consommation électrique minimale.
- **Pilote électrique** : le déplacement du clapet du distributeur est assuré directement par un électroaimant. Ces pilotes sont généralement réservés aux mini-vérins, ventouses et interfaces électropneumatiques.

Si le choix entre les trois technologies reste possible, il convient de vérifier les temps de commutation lorsque cette caractéristique est importante.

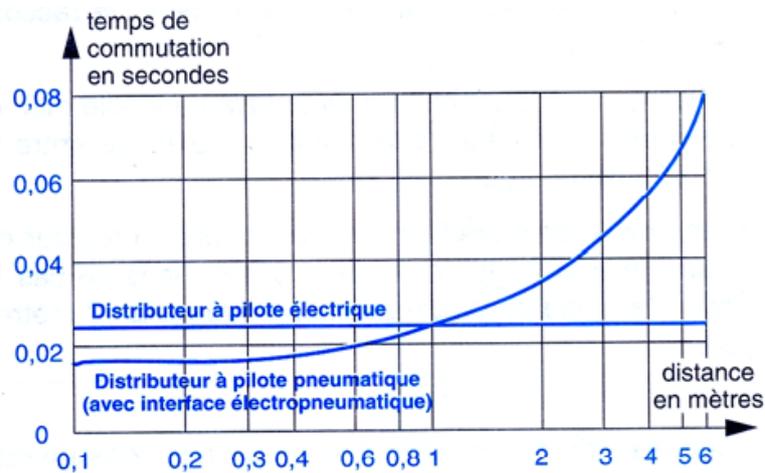


Figure 3.3.5 : Comparaison des temps de commutation (doc. Schneider)

Il existe deux autres types de commande : le pilotage mécanique et le pilotage manuel (qui est généralement une commande secondaire utilisée pour les essais et la maintenance).

### -3-Electrodistributeurs

Si la commande est électrique on parle d'électrodistributeur (le courant pouvant être continu ou alternatif).

#### -3.1. Distributeur 3/2

Il est le plus souvent monostable, il possède donc un seul état stable qui est la position de repos. Il est alors commandé par une bobine E et un ressort de rappel, et il faut maintenir la commande sinon le tiroir revient automatiquement à la position de repos sous l'effet du ressort.

Quand la bobine est alimentée, l'électrovanne s'ouvre pour laisser passer l'air comprimé, mettant ainsi en communication les orifices 1 et 2 (d'où le nombre 12 à côté de la bobine) d'admission et de commande. L'orifice 2 étant relié à l'entrée d'un vérin, ce dernier est alors commandé. Quand l'alimentation de la bobine est coupée, l'électrovanne se ferme (coupant l'admission d'air), le ressort rappelle le clapet (cf. figure a), mettant en communication les orifices 2 et 3, permettant ainsi à l'air (emmagasiné dans le vérin) de s'échapper par l'orifice 3.

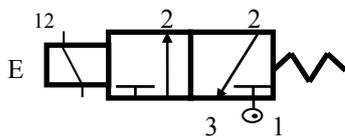


Figure a : monostable

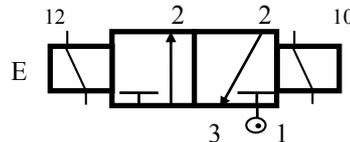


Figure b : bistable

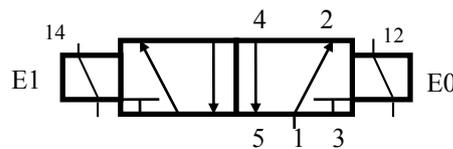
Ce chiffre 10 indique que la commande coupe la liaison entre les orifices 1 et 2 (utilisé également sur le distributeur 2/2)

Figure 3.3.6 : Distributeurs 3/2

#### -3.2. Distributeur 5/2 : bistable

Il possède deux états stables correspondant aux deux positions de travail. Il est commandé par deux bobines E0 et E1, il a donc un fonctionnement à double pilotage. Même une impulsion sur E0 ou E1 suffit à le faire changer d'état.

La commande E1 met en communication les orifices 1 et 4



La commande E0 met en communication les orifices 1 et 2

Figure 3.3.7 : Distributeur 5/2 bistable



#### -3.3. Distributeur 5/2 : monostable

Il possède un seul état stable qui correspond à la position de repos. Les commandes s'effectuent (comme pour le 3/2) par une bobine et un ressort de rappel.

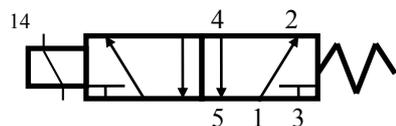
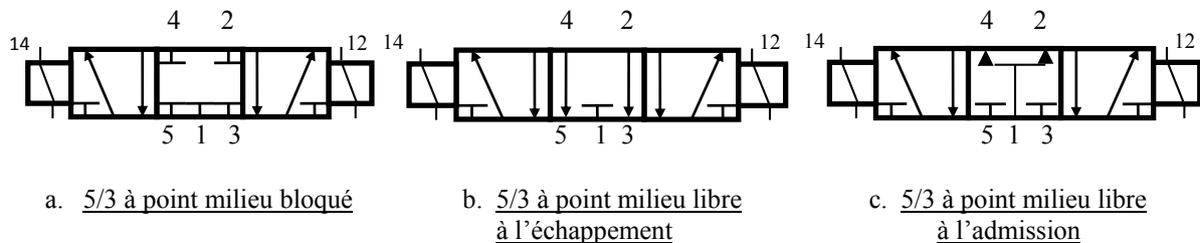


Figure 3.3.8 : Distributeur 5/2 monostable

### -3.4. Distributeur 5/3 monostable

La seule position stable est la position médiane : en l'absence de commande, deux ressorts de centrage (gauche et droit) ramènent le tiroir (ou clapet) en position centrale. On parle soit de *5/3 à point milieu bloqué* (entrée et sorties du distributeur bloquées), soit de *5/3 à point milieu libre* (entrée bloquée et sorties reliées soit à l'échappement soit à l'admission). Ainsi en l'absence de commande sur le distributeur, le vérin commandé sera soit bloqué soit libre.



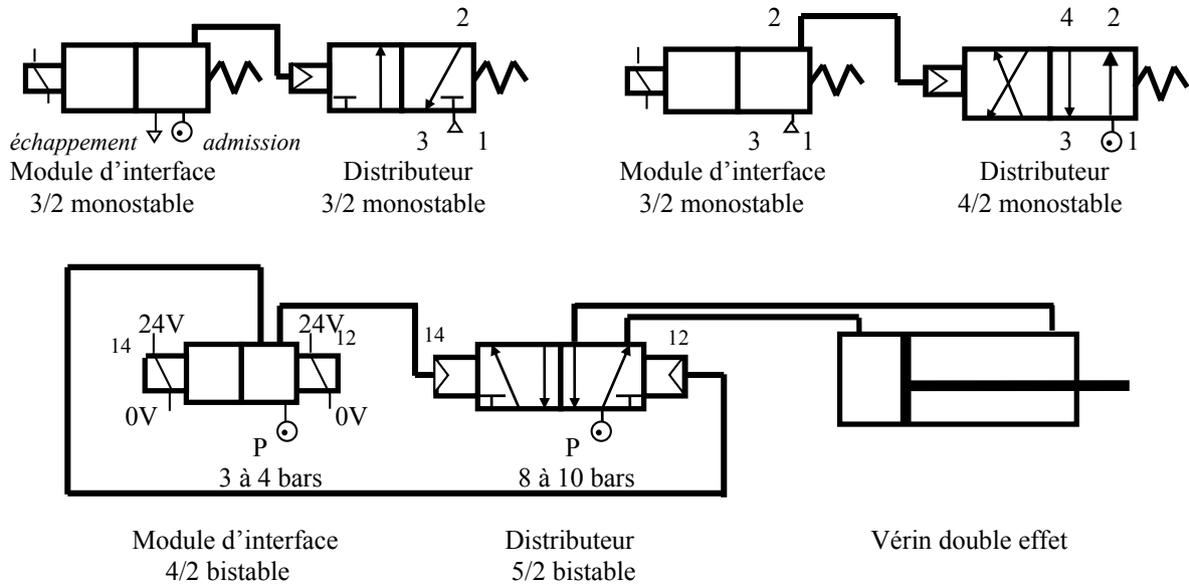
**Figures 3.3.9 : Distributeurs 5 / 3**

#### Remarque

Un cas intéressant est de faire en sorte que toutes les positions du vérin soient des états stables. Pour l'obtenir on rajoute des *bloqueurs* (cf. paragraphe III-4) sur les orifices des vérins pour figer l'état du matériel dès que la commande (E0 ou E1) du distributeur disparaît. Dès qu'elle réapparaît, le fonctionnement continue exactement de l'endroit où il s'est arrêté (utilisation en sécurité sur les asservissements, pour éviter le retour brusque à des positions de repos en cas de coupure des alimentations).

### -3.5. Module d'interface électropneumatique

Chez certains constructeurs, la commande du distributeur est souvent autonome et indépendante du distributeur proprement dit. On utilise une interface modulaire à commande électrique (électrovanne) qu'on peut monter sur embase, dont la sortie pneumatique commande le distributeur. Ces modules d'interface offrent l'avantage, dans le cas des faibles puissances, de pouvoir commander directement un mini-vérin sans avoir recours à un distributeur. On rencontre des modules 3/2 à une sortie (monostable), et des modules à 2 sorties en 4/2 et 5/2 (monostable et bistable).



Figures 3.3.10-a : Connexions des modules d'interfaces aux distributeurs

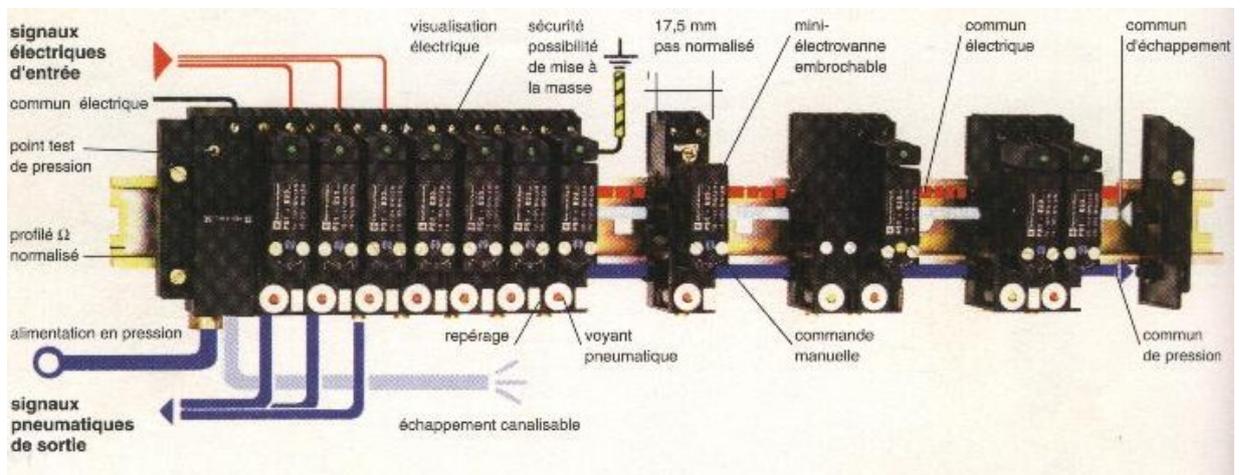


Figure 3.3.10-b : Interconnexion de modules d'interfaces montés sur rack (doc. Télépneumatic)

#### **-4-Auxiliaires de distribution**

Sur le circuit de puissance, entre distributeur et vérin, des auxiliaires (cf. figure 3.3.11) sont généralement nécessaires pour permettre :

- le réglage de la vitesse du vérin dans chacun des sens de déplacement,
- l'intégration de fonctions de sécurité, par blocage du vérin ou par purge de ses pressions d'air.

Pour toutes ces fonctions, l'implantation au plus près du vérin est la plus efficace. C'est pourquoi les auxiliaires sont prévus pour s'implanter, en général, directement sur les orifices de raccordement du vérin, en lieu et place des raccords qu'ils intègrent.

##### -4.1. Le régleur de vitesse

La tige du vérin pneumatique A se déplace dans le sens A+ sous l'action de la différence des pressions entre chambres amont (admission d'air) et aval (échappement d'air). La vitesse du mouvement A+ est déterminée par la vitesse de purge de l'air contenu dans la chambre aval.

Le régleur de vitesse laisse passer l'air à plein débit dans le sens admission, le clapet anti-retour étant ouvert. Il régule le débit d'air, et donc la vitesse du mouvement du vérin, dans le sens d'échappement (le clapet anti-retour est fermé) grâce à la restriction réglable.

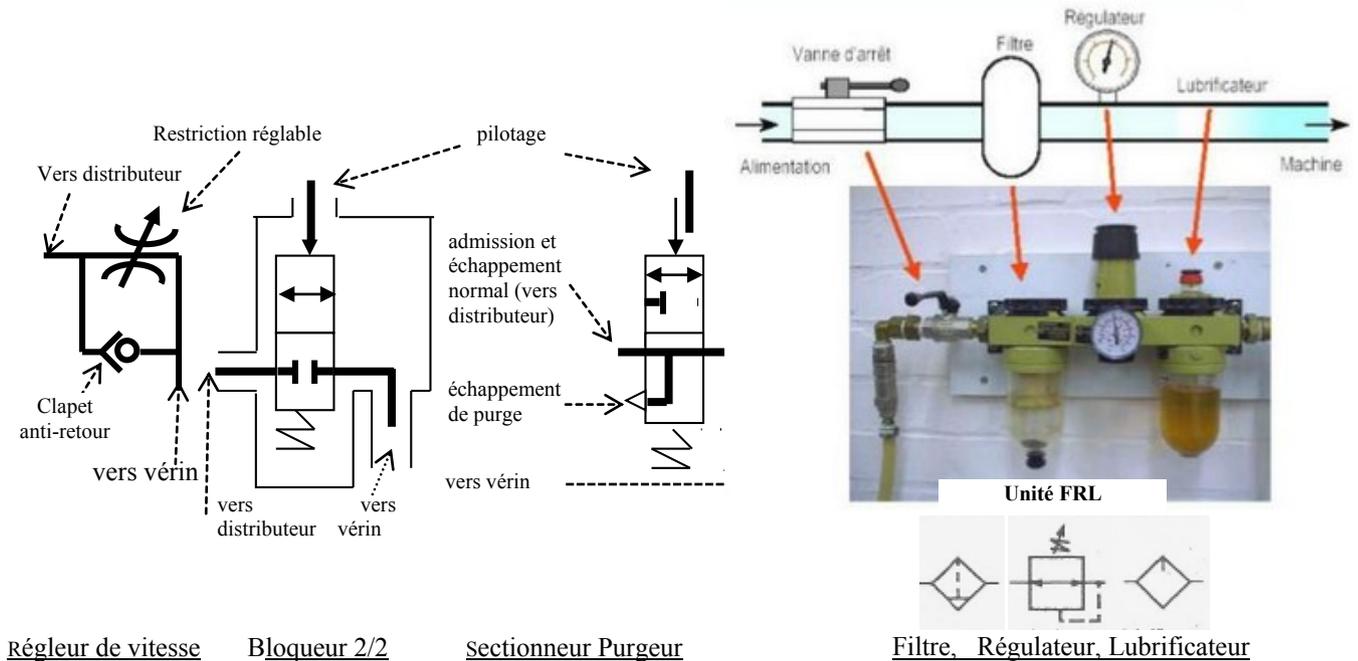
La restriction réglable est généralement réalisée par une vis pointeau verticale (ou plus rarement par une bague de réglage à rampe annulaire). L'anti-retour est assuré soit par une jupe en élastomère soit par une bille.

Afin que le vérin ne « broute » pas et que la vitesse de déplacement soit constante, il est préférable que le régleur de vitesse soit au plus près du vérin.

##### -4.2. Le bloqueur 2/2

Particulièrement indiqués pour arrêter les vérins en cours de mouvement ou pour les maintenir en position, les bloqueurs 2/2 assurent un blocage efficace dès que le signal de pilotage (air comprimé) disparaît.

Deux bloqueurs (un sur chaque orifice du vérin) stoppent les débits d'air d'admission et d'échappement, immobilisant ainsi la tige du vérin et sa charge, par mesure de sécurité.



*Figure 3.3.11 : Schémas symboliques de quelques auxiliaires de distribution*

#### -4.3. Le sectionneur-purgeur

Le sectionneur général d'une installation peut ne pas suffire pour arrêter certains mouvements, la purge se trouvant ralentie par la restriction réglable du régleur de vitesse. Placé entre l'orifice du vérin et le régleur de vitesse, le sectionneur purgeur vide localement et rapidement la chambre du vérin. Il doit être commandé par le même signal (pneumatique) que le sectionneur général.

#### -4.4. Les multifonctions intégrés

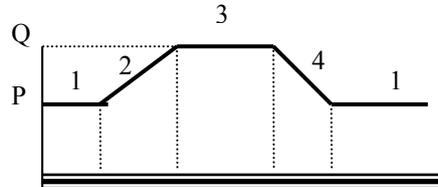
L'utilisation de bloqueurs ou de sectionneurs-purgeurs, pour répondre aux besoins de sécurité, ne dispense pas du besoin de réglage précis de la vitesse du vérin.

Les auxiliaires de distribution multifonctions répondent à cette nécessité. Ils sont conçus sous forme d'ensembles compacts et efficaces, sans augmenter l'encombrement, à monter directement sur les orifices taraudés des vérins. Ils assurent les doubles fonctions régleur de vitesse et bloqueur, ou régleur de vitesse et sectionneur-purgeur.

**-5-Exemple d'application**

Un vérin commandé par un électrodistributeur doit effectuer un aller-retour complet (extrémités des fins de course P et Q) décomposé en cinq phases, selon le diagramme donné par la figure. Dans chacun des 4 cas exposés au paragraphe III-3 du chapitre 3 (distributeur monostable 3/2, bistable 5/2, monostable 5/2, monostable 5/3), donner le diagramme des phases, c'est à dire donner dans chaque cas les signaux de commande nécessaires sur les bobines (A0, A1), B, C, (D1, D2) pour réaliser dans l'ordre les 5 phases du dessin intitulées 1, 2, 3, 4, 1.

Diagramme des phases



Principe

Diagramme des phases

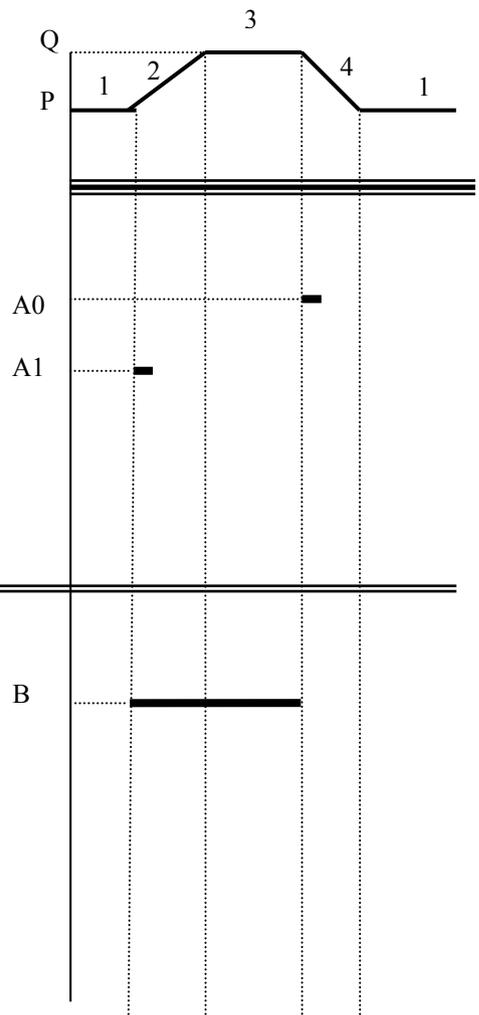
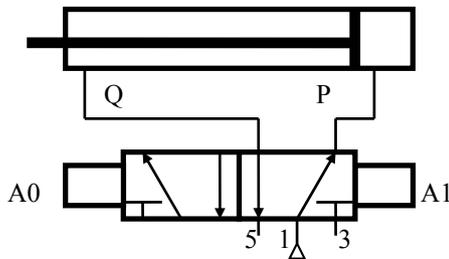
**Cas a**

*\*Vérin double effet.*

*\*Distributeur 5/2 bistable à 4 voies, à double pilotage, commandé par 2 bobines A0 et A1.*

*\*Même une impulsion sur A1 provoque le changement d'état du distributeur, et l'enchaînement des étapes 2 et 3.*

*\*Une simple impulsion sur A0 provoque le retour du vérin aux conditions initiales (passage par les phases 4 puis 1).*

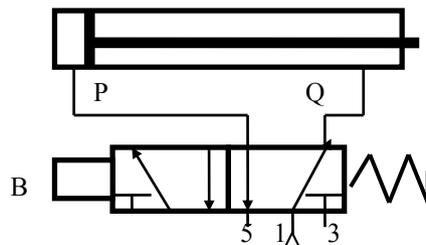


**Cas b**

*\*Vérin double effet.*

*\*Distributeur 5/2 monostable à 4 voies, commandé par une bobine B et un ressort de rappel.*

*\*Pour le déplacement du vérin, le maintien de B est nécessaire. Dès la suppression de B, le tiroir du distributeur revient à sa position initiale, de même que le vérin.*

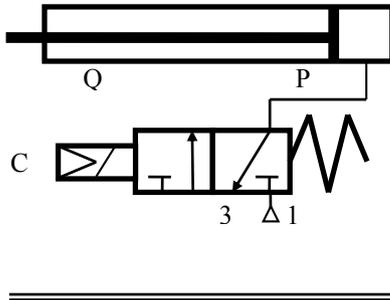


B

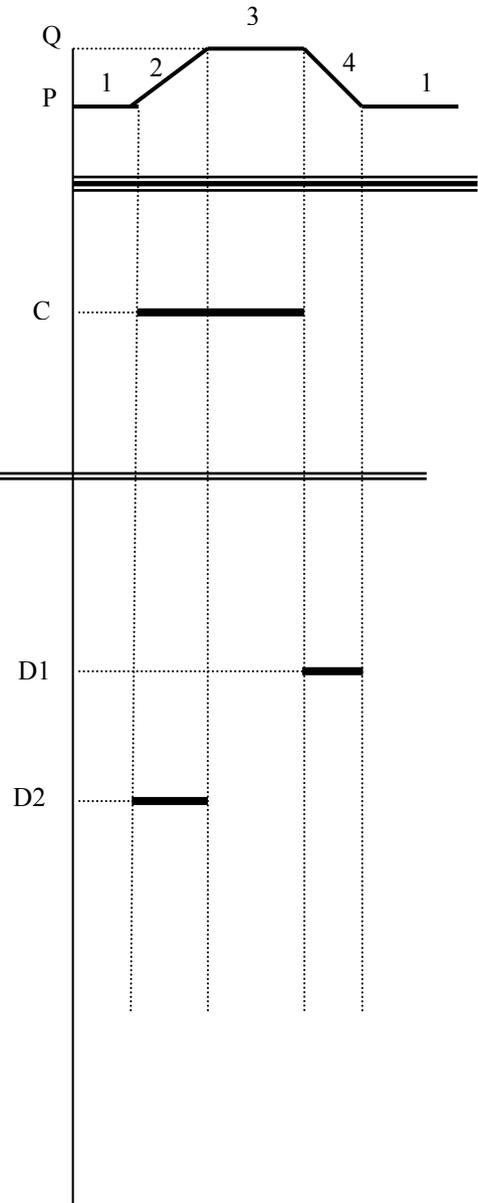
Principe

**Cas c**

- \*Vérin simple effet et ressort de rappel.
- \*Distributeur 3/2, 2voies, commandé par une bobine C et un ressort de rappel.
- \*Même principe de fonctionnement que dans le cas b.



**Diagramme des phases**



**Cas d**

- \*Vérin double effet.
- \*Distributeur 5/3 monostable, 4 voies, avec **point milieu bloqué**; commandé par 2 bobines et deux ressorts de centrage.
- \*Dès la disparition du signal de commande, le tiroir du distributeur revient à la position médiane stable, et le vérin commandé reste figé dans la position à laquelle il est arrivé.
- \*Le maintien de la commande des bobines pour les phases 3 et 1 est inutile car le point milieu est bloqué.
- \*On aurait obtenu exactement le même résultat en remplaçant ce distributeur 5/3 par 2 distributeurs 3/2 monostables, et en rajoutant deux bloqueurs sur le vérin.

