

## CHAPITRE : Généralités sur les circuits hydrauliques et pneumatiques

### Généralités sur les fluides hydrauliques

#### Différents types fluides hydrauliques

Les huiles hydrauliques ont une vaste gamme d'applications dans le secteur industriel : transport, agriculture, exploitation marine et minière, aviation, foresterie, industrie alimentaire ou encore pour les machines de construction, c'est dire si le marché est important ! Elles ont en effet pour fonctions essentielles de protéger contre la corrosion, de lubrifier pour limiter la consommation d'énergie et d'évacuer la chaleur, autant d'avantages importants pour la rentabilité d'une entreprise. Elles sont classées en termes d'efficacité selon un certain nombre de critères, dont leur viscosité, leur stabilité, à des températures très hautes ou à l'inverse très basses, mais aussi en fonction du pourcentage d'eau présent dans leur composition facilitant ou non leur filtrabilité. De quelles huiles s'agit-il et quel impact ont-elles sur notre environnement ?

---

#### 1) L'HUILE HYDRAULIQUE VÉGÉTALE

Les propriétés de ce type d'huile sont d'éliminer la rouille, le goudron et les saletés pouvant provoquer une usure précoce des machines. Elle augmente donc la longévité des pièces qu'elle protège contre toute corrosion. Elle permet en outre le desserrage des pièces difficiles ou coincées et réduit les frottements par sa propriété lubrifiante.

Ce type d'huile est très performante à une haute pression et résistante à toute dégradation thermique. C'est pourquoi elle a la faveur des industriels du secteur alimentaire et pharmaceutique à la recherche **de fluides hydrauliques de qualité alimentaire avec une résistance exceptionnelle à l'oxydation même à haute température.**

Complètement sécuritaire puisque d'origine naturelle, l'huile végétale est biodégradable et remplace progressivement l'huile minérale, moins respectueuse des contraintes environnementales. On peut en effet s'en servir sans problème à côté de zones d'eau protégées par exemple. Elle répond ainsi à une double exigence en termes de qualité et de respect de l'environnement.

---

## 2) L'HUILE VÉGÉTALE RECYCLÉE

Encore plus respectueuse de l'environnement, cette huile se situe dans un véritable cercle vertueux. Il faut donc penser à collecter les huiles végétales usées en vue de leur recyclage.

### 3) Les huiles minérales :

Les huiles minérales sont des mélanges d'une multitude de composants. Les composés majoritaires sont des hydrocarbures (alcanes linéaires, ramifiés ou cycliques, alcènes, ou encore des composés aromatiques), mais on trouve aussi de nombreux composés oxygénés, azotés et soufrés.

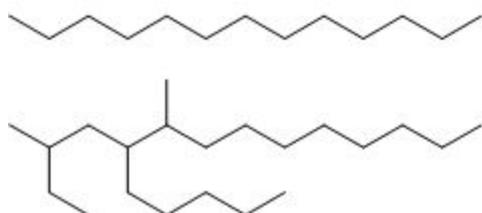
Ces huiles proviennent de la distillation du pétrole brut. D'un prix peu élevé, elles présentent des performances "moyennes". Les huiles minérales sont, et de très loin, les plus utilisées aussi bien dans les applications automobiles qu'industrielles.

Les huiles minérales sont essentiellement constituées d'atomes de carbone et d'hydrogène.

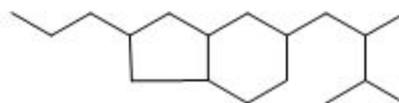
On distingue 2 types d'huiles minérales suivant la composition du pétrole brut de départ:

➤ **Les huiles paraffiniques** : majoritairement composées d'alcanes, elles sont caractérisées par un bon indice de viscosité et une bonne stabilité. Disponibles dans une large gamme de viscosité, ces bases sont les plus produites dans le monde.

➤ **Les huiles naphthéniques** : elles contiennent une proportion significative de cycloparaffines et polycycliques saturés et possèdent un faible indice de viscosité, mais de bonnes caractéristiques à basse température.



Huiles paraffiniques



Huiles naphthéniques

**Figure 1** : Structure générale des bases lubrifiantes minérales

Une mesure par infrarouge permet de définir le type d'huile minérale par rapport au pourcentage :

- $C_P < 50\%$  donne une huile naphthénique
- $C_P = 50-56\%$  donne une huile intermédiaire
- $C_P > 56\%$  donne une huile paraffinique.

#### 4) Les huiles de synthèse ou synthétiques

Elles sont obtenues artificiellement par synthèse chimique et se composent de molécules reconstituées, modelées et taillées sur mesure dans des conditions de températures et de pression complètement maîtrisées. Ces huiles ne contiennent en général aucun des composés instables ou impuretés (composés sulfurés et acides, composés azotés, oxygène, impuretés métalliques...) décelables dans les huiles minérales et qui peuvent nuire à une bonne lubrification.

Elles sont surtout utilisées pour des applications spéciales, principalement à des températures de fonctionnement supérieures à  $90^\circ\text{C}$ , ou à très basse température.

Voir figure 2

viscosités cinématiques  
( en  $\text{mm}^2/\text{s}$  ) à  $40^\circ\text{C}$

### Huiles minérales et huiles de synthèse

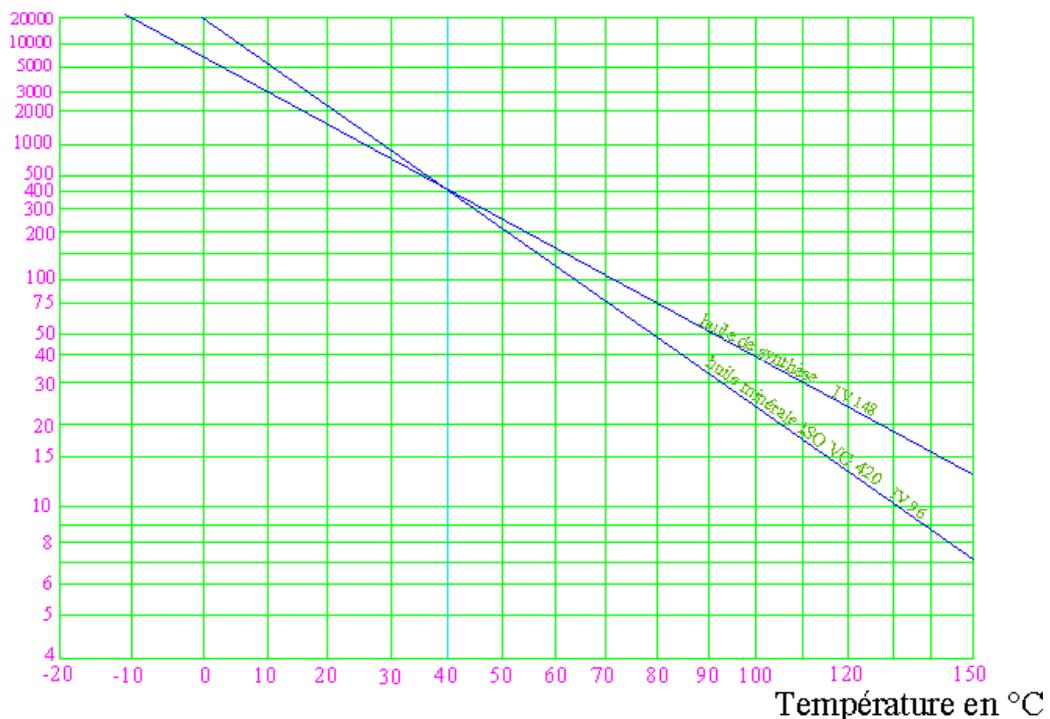


Figure 2 : Influence de température sur la viscosité

## **Principales huiles synthétiques de base**

- Les hydrocarbures synthétiques ("huiles SHC") : près de 40% des utilisations, comprenant les polyalpholéfines (PAO), les alkylats aromatiques, les cyclo-aliphatiques et les polybutadiènes.
- Les esters : comprenant les esters organiques (20% des utilisations) et les esters phosphates (5% des utilisations).
- Les polyglycols (environ 33% des utilisations), les plus anciens.
- Les huiles diverses : environ 2% des utilisations, comprennent les huiles de silicone (-70 à 200°C ; propriétés lubrifiantes et anticorrosion limitée), les silicates, les polyphénylesters, les fluorocarbones....

## **Classification de l'état de pollution d'un fluide hydraulique**

### **Différents types de pollution et leurs origines**

La pollution est l'ennemi n°1 des circuits. Pollution intrinsèque du fluide, pollution due à l'environnement de la machine, pollution interne : rien n'est épargné au circuit hydraulique

#### ➤ **Les particules solides**

Les fluides hydrauliques peuvent être pollués par des particules issues des composants mécaniques (calamine, copeaux métalliques, particules de caoutchouc ou de peinture) et des poussières présentes dans l'air ambiant. En s'infiltrant dans le jeu fonctionnel des composants, ces particules génèrent une usure de surface prématurée voire un blocage complet du mouvement si leur taille est trop importante.

#### ➤ **L'eau**

La présence excessive d'eau (libre ou dissoute) impacte la viscosité du fluide hydraulique et ses propriétés lubrifiantes. Elle peut provoquer des phénomènes de corrosion et d'usure sur les composants et réduire l'efficacité ainsi que la durée de vie des filtres.

#### ➤ **L'air**

L'introduction d'air dans le fluide hydraulique entraîne plusieurs phénomènes (moussage, réaction chimique, oxydation) qui peuvent avoir des conséquences graves : réponse inappropriée des vannes, pertes de puissance, cavitation des pompes...

### ➤ **Pollution chimique**

La pollution chimique est particulièrement fréquente et connaît des origines très diverses. La dissolution de l'air dans l'huile, notamment au niveau du réservoir, génère des phénomènes de cavitation dans le circuit.

### ➤ **Pollution biologique**

La pollution biologique est aussi envisageable ! « L'eau industrielle ou l'eau/glycol, souvent utilisée sur les circuits de refroidissement ouverts, est en contact extérieur avec l'air où elle récupère polluants et bactéries (surtout l'été, avec la chaleur). Le fluide devient agressif vis à vis de l'acier et des joints à cause de l'action des bactéries », relate Philippe Gross. Actuellement, il y a une mutation technologique : on utilise des circuits fermés qui évitent la formation des bactéries. D'autant que les produits de traitement des bactéries, à concentration plus ou moins maîtrisée, posent aussi des problèmes.

### **Principales sources de pollution des fluides**

La principale source de pollution est l'environnement de production du système hydraulique. L'air ambiant ainsi que l'humidité et les particules qu'il contient pénètrent dans le système via les tiges des vérins, les joints à labyrinthe et les événements. Les opérations de maintenance (démontage/montage des composants, remplacements de flexibles, appoints de fluide) sont elles aussi une source de pollution externe potentielle. Une fois introduits dans le système, les contaminants créent des phénomènes d'érosion, d'abrasion, d'oxydation, ainsi que des réactions chimiques avec le fluide qui augmentent le niveau de pollution.

### **Conséquence d'une mauvaise filtration**

Vieillessement des composants ;

Dégradation des états de surface ;

Corrosion ;

Usure mécanique ;

Fatigue ;

Abrasion.

Première cause de défaillance des systèmes hydrauliques, la dégradation des états de surface des composants ne peut être observée à l'œil nu. Mais elle peut être décelée par une analyse du niveau de pollution du fluide et évitée par une filtration

performante ainsi que par des traitements permettant la séparation de l'eau et de l'air éventuellement contenus dans le fluide.

### Les organes d'un circuit hydraulique

Pour réaliser une installation pneumatique il y a des actionneurs (vérin, moteur), ils transforment l'énergie pneumatique en énergie mécanique et des préactionneurs (distributeur), des organes de commandes (capteurs, bouton poussoir), des composants d'automatisme.

### Le vérin



Les vérins réalisent des mouvements linéaires. Ils sont munis d'un piston avec une tige qui se déplace librement à l'intérieur d'un tube. En fonction du type ils ont un ou deux orifices permettant l'admission ou l'échappement de l'air. La longueur du mouvement définit la course du vérin, le diamètre est lié à la force à exécuter au cours du mouvement.

Il existe différents types de vérins :

### Vérin à simple effet

Un seul orifice, il est piloté que dans un sens le retour s'effectue par l'intermédiaire d'un ressort.

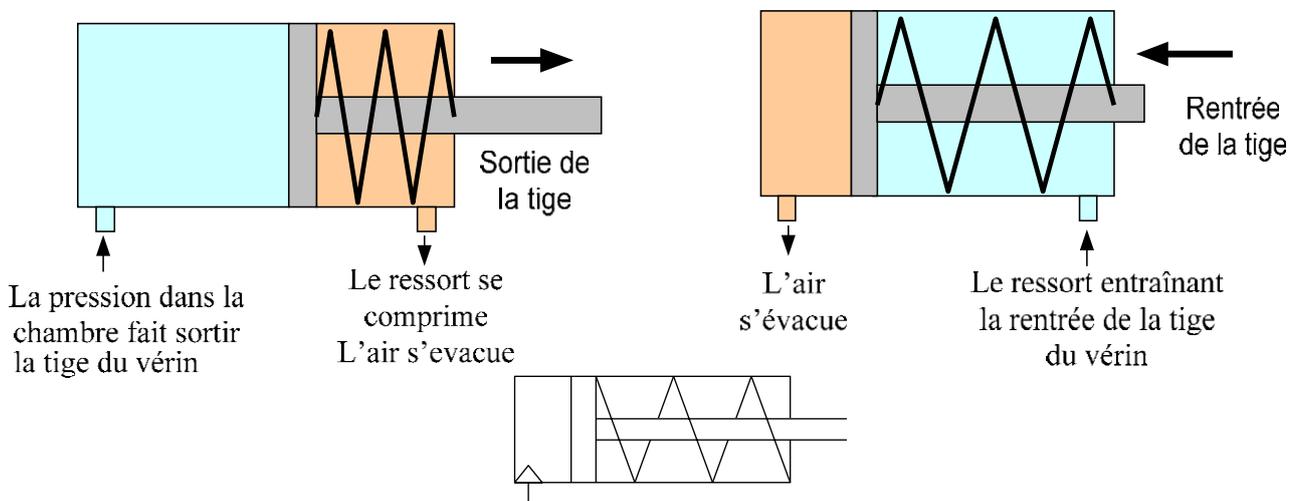


Figure 3 Vérin à simple effet

## Vérin double effet

Deux orifices, il doit recevoir une pression dans l'un ou l'autre orifice pour effectuer la sortie ou la rentrée de la tige

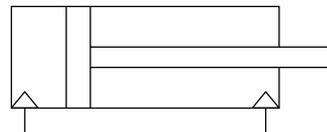
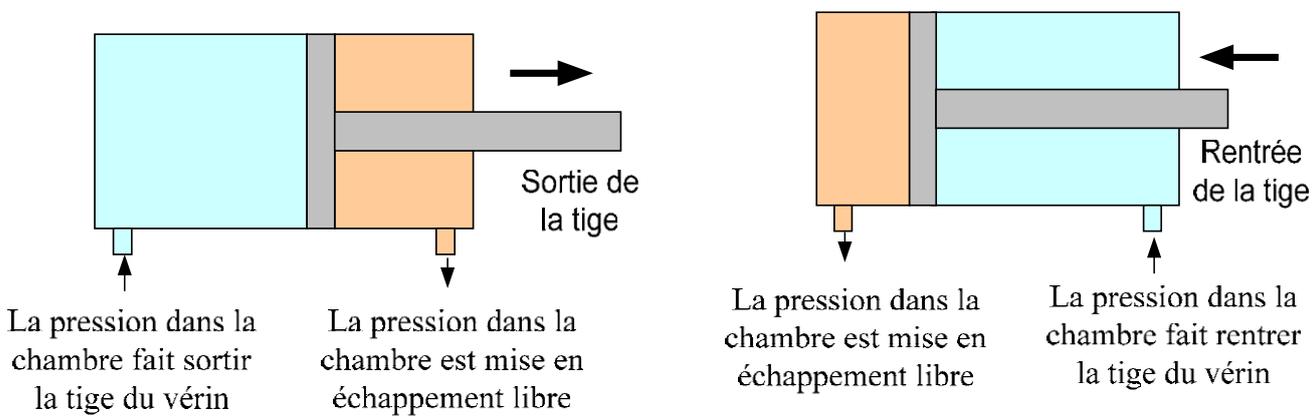
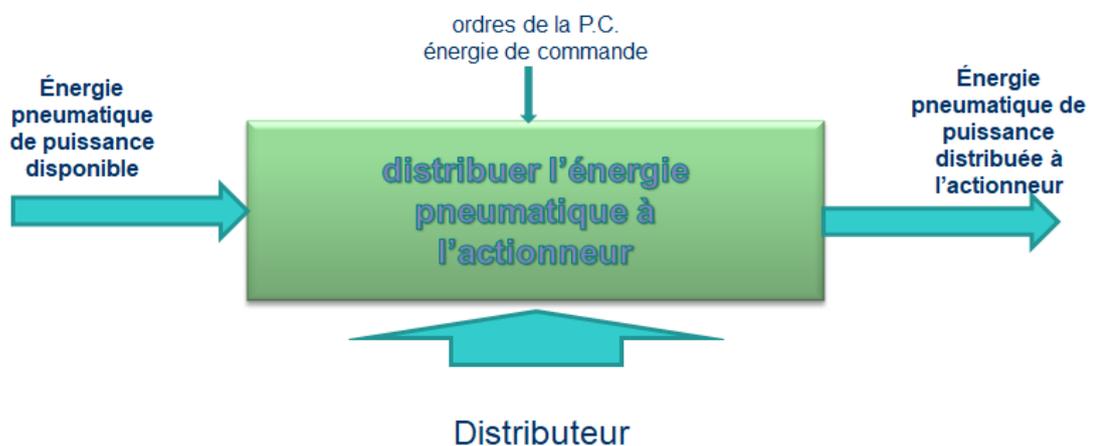


Figure 4 double effet

## Les distributeurs :

Les distributeurs pneumatiques ont pour fonction de distribuer l'air comprimé jusqu'au actionneur (vérin). Ils ont le même rôle que les contacteurs.



## **Constitution et Fonctionnement :**

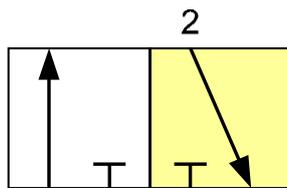
Un coulisseau ou un tiroir se déplace dans le corps du distributeur, il permet de fermer ou d'ouvrir des orifices d'air et ainsi de piloter différents actionneurs.

Il existe différents types de distributeurs des différents en fonction du nombre d'orifice de branchement. On les identifie par le nombre d'orifice et de position

Exemple : un distributeur 3/2

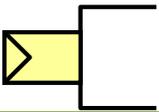
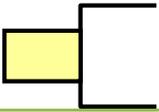
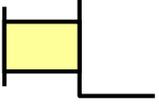
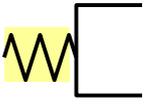
il a 3 orifices et 2 positions

Symbolisation



## **Mode de commande**

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

Symbole	type de commande	fonctionnement
	pneumatique	Elle est réalisée par de l'air comprimé
	électrique	Elle est réalisée par une bobine (principe de l'électro-aimant)
	manuelle	Elle est réalisée par un tournevis
	mécanique	Elle est réalisée par un ressort

### Limiteur de pression

Un **limiteur de pression** est un système de régulation utilisé dans de nombreux domaines de l'[industrie](#). Il est indispensable en parallèle de la sortie d'une [pompe hydraulique](#), et en protection des récepteurs si ceux-ci sont soumis à un effort extérieur non contrôlé.

### Régulateur de débit massique

Un **régulateur de débit massique** (appelé mass flow controller en anglais et abrégé en MFC) est un appareil qui permet de mesurer et de réguler le débit de liquides ou de gaz spécifique à une certaine gamme de débit.

## CHAPITRE : Généralités sur les circuits pneumatiques

### La composition de l'air.

1. L'air est constitué essentiellement de diazote, de dioxygène et d'argon.
2. Il y a aussi un peu de vapeur d'eau et d'ozone : contrairement à celles des gaz précédents, leurs proportions peuvent varier.
3. Dans la troposphère, la température et la pression diminuent quand l'altitude augmente.
4. L'ionosphère commence à partir de 100 km d'altitude.
5. L'atmosphère est constituée d'un mélange de gaz où l'on trouve essentiellement du diazote pour 78 % et du dioxygène pour 21 %.

Elle est répartie en 4 couches dans lesquelles la température et la pression varient : la pression diminue quand l'altitude augmente, alors que la température diminue, augmente puis diminue à nouveau.

En conclusion L'air atmosphérique est un mélange de gaz dont les principaux constituants sont :

- Azote 78,09 %
- Oxygène 20,29%
- Argon 0,93%
- Anidrique carbonique 0,30%

Principaux autres constituant dits rare, le néon, l'hélium, le krypton, l'hydrogène en très faible quantité.

L'air atmosphérique contient en outre des quantités très variables de vapeur d'eau.

### Production de l'air comprimé

Une grande quantité d'équipements industriels nécessite l'emploi de l'air comprimé (vannes, vérins, pompes, soufflettes, aspirations, ...). Ces équipements sont dits « pneumatiques ». La production d'air comprimé est obtenue aux moyens de compresseurs dont les rendements sont souvent faibles<sup>1</sup>, ce qui rend l'air comprimé assez coûteux la plupart du temps, l'eau contenue dans l'air, environ 1 à 2% du volume aspiré, doit être éliminée pour ne pas détériorer les équipements pneumatiques

ou pour les besoins du process. Ce traitement post-compression peut s'avérer énergivore et peut être optimisé.

**Production** : le compresseur aspire de l'air à la pression atmosphérique et le comprime

**Stockage** : l'accumulateur stocke l'air issu du compresseur

**Distribution** : une pente de 2% évacue l'eau de condensation vers un pot équipé d'une purge

Conditionnement : F.R.L (filtre -régulateur -lubrificateur), ce groupe de conditionnement épure l'air, maintient la pression secondaire pré-réglée et adjoint un brouillard d'huile

### **Utilisation de l'air comprimé.**

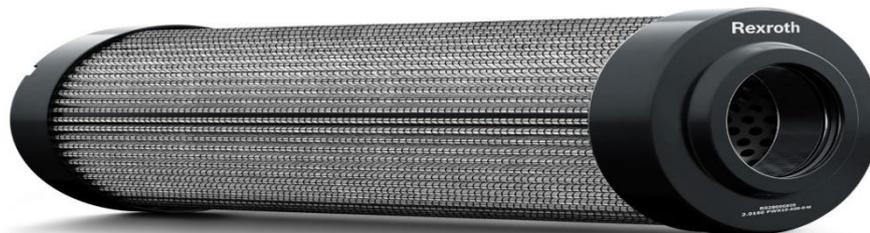
L'air comprimé utilisé comme source d'énergie est présente dans les installations automatisées par de multiples raisons :

- Il permet d'obtenir économiquement grâce à des vérins, le mouvement linéaire.
- Il est produit, transporté, mis en œuvre très facilement
- Les composants pneumatiques de la partie opérative et de la partie commande sont relativement bon marché, faciles à installer et à dépanner.

### **Filtration**

Les fluides pollués peuvent être débarrassés des particules via des groupes de filtration mobiles qui sont branchés en dérivation sur l'installation. Ces groupes disposent d'une pompe intégrée dont le débit doit être choisi en fonction de la capacité du réservoir de fluide pour assurer une dépollution dans un délai optimal.

Les groupes de filtration peuvent également être utilisés pour filtrer l'huile neuve lors du remplissage, ou même être installés de manière permanente pour soulager les filtres principaux afin de prolonger leur durée de vie.



**Figure 5** Filtre

Un filtre bien adapté permettra une filtration optimale avec une rétention maximale des impuretés tout en maintenant une pression différentielle minimale qui évoluera progressivement. Pour bien choisir et dimensionner un filtre, il est important de prendre en compte :

- le volume de fluide qui passera à travers le filtre (débit),
- la viscosité du fluide (le filtre correctement dimensionné doit supporter la variation de pression différentielle due aux variations de viscosité liées aux écarts de température),
- la pression de service du système hydraulique et les pics de pression éventuels.

### **La base du traitement de l'air comprimé**

Les filtres à air comprimé sont utilisés pour éliminer les contaminants de l'air comprimé. La qualité de l'air comprimé dépend de l'application. Selon l'ISO 8573-1, il existe six classes de qualité et, à chaque niveau, le coût de production de l'air augmente.

Pour être rentable, le système d'air comprimé doit atteindre, mais ne pas dépasser, le niveau requis par votre application. Par conséquent, il est extrêmement important de spécifier le niveau de purification de l'élément filtrant.

Pour éliminer efficacement les impuretés, il est essentiel d'avoir les bons filtres à air comprimé, qui se composent d'un boîtier (aussi appelé corps) et d'un élément filtrant. L'élément filtrant est celui qui est conçu pour éliminer la plupart des contaminants solides et liquides de l'air comprimé. Les éléments filtrants utilisent deux types de filtration: la filtration en surface et en profondeur.

### **Traitement de l'air comprime**

#### **Méthode de séchage**

L'utilisation de filtres à air comprimé efficaces équipés de purges de condensats permet de soustraire l'huile, l'eau et les particules du circuit d'air comprimé. Dans de nombreux cas, cette mesure n'est pas suffisante.

En effet, les systèmes et processus de production d'aujourd'hui nécessitent une qualité d'air élevée, c'est pourquoi l'emploi de sécheur d'air est rendu nécessaire. Il existe plusieurs méthodes de séchage, pour lesquels le critère de sélection s'effectuera essentiellement en fonction de la classe d'air, du débit et de la pression à desservir.

Le séchage de l'air comprimé constitue la base de chaque traitement adapté à l'utilisation prévue. Dans la plupart des cas, le séchage frigorifique à faible consommation d'énergie est le procédé le plus économique

Les sècheurs frigorifiques suffisent au traitement de l'air comprimé dans près de 80 % de tous les cas d'utilisation. Ils dispensent souvent des filtres dont l'installation sur le réseau de tuyauteries entraîne des pertes de charge; leurs coûts d'énergie correspondent à près de 3% des coûts d'énergie d'un compresseur produisant un débit d'air équivalent. Par contre, l'économie de coûts qu'ils permettent de réaliser du fait d'une réduction des nécessités d'entretien et de dépannage du réseau de tuyauteries et des outils pneumatiques représente 10 fois leur coût énergétique.

### **Niveau de pureté d'air**

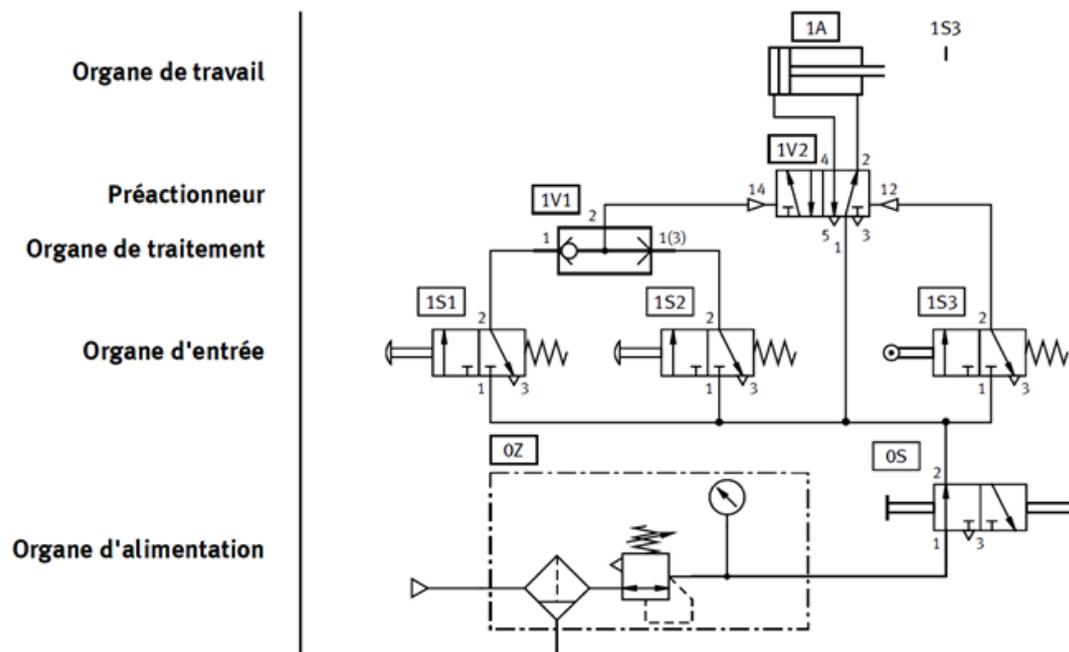
Pour chaque application il existe un niveau de qualité minimum à respecter. On imagine bien que le niveau de qualité de l'air comprimé utilisé dans l'industrie de la photo doit être supérieur à celui utilisé dans les installations minières.

Application	Classe de qualité		
	Particules solides	Humidité	Teneur en huile
Carrière	5	7	5
Nettoyage	5	6	5
Machines à souder	5	4	5
Machines outils	5	4	5
Vérins	5	4	2
Distributeurs	3-5	4	2
Emballage	5	4	3
Régulateur de précision	3	4	3
Instrumentation	2	4	3
Air entrepôts	2	3	3
Capteurs	2	2-3	2
Alimentaire	2	4	1
Pistolage peinture	2	3-2	1
Industrie de la photo	1	2	1

### **Composants pneumatiques :**

En plus des vérins et des distributeurs il y a différents composants permettant la réalisation d'équipement pneumatique au niveau de la commande et de la puissance.

## Symboles pneumatiques

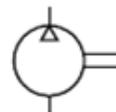


**Figure 6** Exemple de schéma de circuit de commande pneumatique

## Symbolisation (selon la norme DIN ISO 1219)

### Alimentation

– Compresseur à cylindrée constante



– Accumulateurs, réservoir d'air

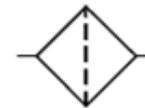


– Source de pression



### Entretien

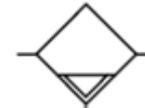
– Filtre



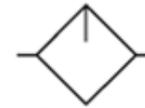
– Purgeur de compresseur activé manuellement



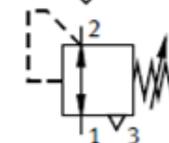
– Purgeur de compresseur automatique



– Lubrificateur



– Régulateur de pression avec orifice d'échappement réglable



# Symboles Pneumatiques

Les symboles pneumatiques					
<i>Actionneurs</i>		<i>Traitement de l'air</i>			
Vérin simple effet <i>(retour par ressort)</i>	Vérin double effet	Lubrificateur	Régulateur de pression	Manomètre	Filtre
<i>Pré-actionneurs</i>		<i>Traitement de l'air</i>			
Distributeur 5/2	Distributeur 4/2	Pressostat	Régulateur de débit uni directionnel	Silencieux d'échappement	Electro-vanne
Les types de commandes.					
Manuel général		Levier		Electrique direct	
Bouton poussoir		Pédale		Electro-pneumatique	
Contact		Galet		Pneumatique direct	
Rappel par ressort		rotatif		Vanne d'isolement	

Figure 7 Symboles "Alimentation et entretien"