

Université de djillali Bounaama Khemis Miliana
Faculté des Sciences et de Technologies
Département de Génie Electrique

Master 1
Electrotechnique

Cours
Technologie en Automatique Industriel

Chapitre 2
Technologie pneumatique

Enseigné par : Mme KARA MOSTEFA. C

Année Universitaire : 2019 / 2020

1-DEFINITION :

L'énergie pneumatique utilise l'air comprimé comme fluide pour le transport de l'énergie et sa transformation en énergie mécanique.

A) L'AIR COMPRIME

L'air comprimé est obtenu avec un compresseur d'air entraîné avec un moteur électrique. L'air est aspiré puis comprimé dans une cuve sous pression. De ce réservoir partent les canalisations pour la distribution.

La pression d'air est exprimée en bar, elle est définie par la pression exercée par une force de 1 daN (déca newton) sur une surface de 1 cm²

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

B) RESEAU DE DISTRIBUTION :

Il comporte différents éléments pour permettre d'avoir de l'air comprimé :

- ⌚ Filtrer
- ⌚ assécher
- ⌚ graisser
- ⌚ réguler (pression stable et réglable)

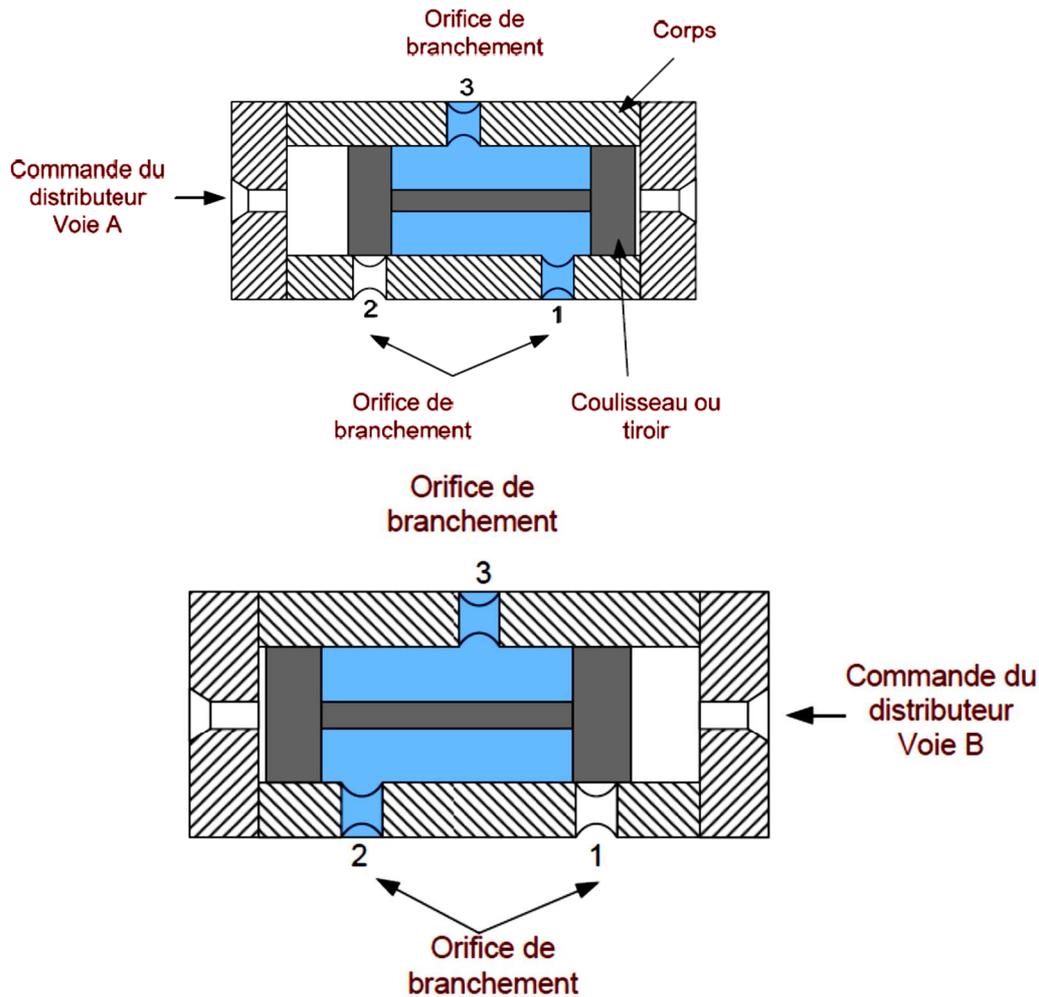
2. LES DISTRIBUTEURS PNEUMATIQUES :

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 :

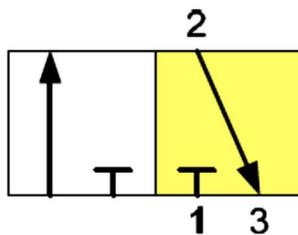
Un coulisseau ou un tiroir se déplace dans le corps du distributeur, il permet de fermer ou d'ouvrir des orifices d'air et ainsi de piloter différents actionneurs.



Il existe différents types de distributeurs pneumatiques identifiés par le nombre d'orifice et de position qu'ils possèdent.

Exemple : un distributeur 3/2 il a 3 orifices et 2 positions

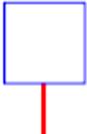
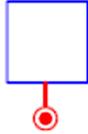
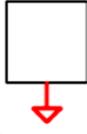
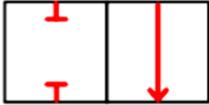
Symbolisation

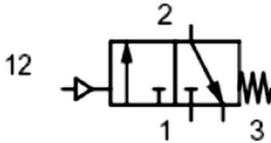
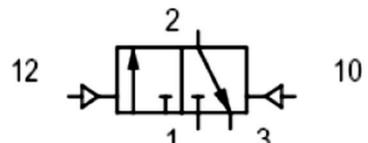


Remarque : Pour déterminer en fonction du schéma nous calculons le nombre d'orifice dans la partie colorée en position initiale et le nombre de case.

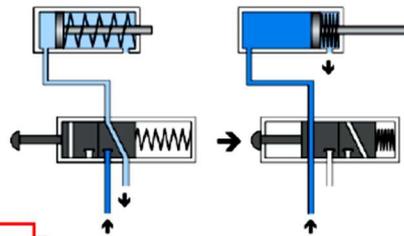
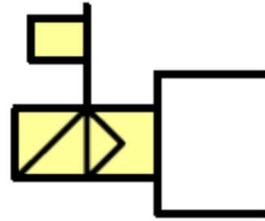
Mode de commande

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

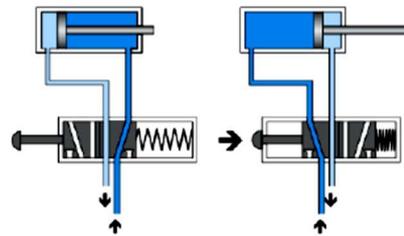
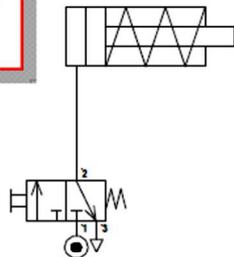
Chaque position du distributeur est symbolisée par un carré.			
Distributeur à deux positions	Distributeur à trois positions		
			
La symbolisation du raccordement des orifices s'effectue de la façon suivante.			
Remarque: Les canalisations aboutissent à la case représentant la position initiale			
			
Raccordement conduite générale.	Raccordement arrivée de pression.	Echappement.	
Une possibilité de passage du fluide est symbolisée par une flèche indiquant le sens de circulation. Un blocage du fluide est symbolisé par un "T".			
			
La représentation des différents types de commande, s'ajoute de chaque côté du symbole de base.			
 Commande pneumatique	 Commande electro-pneumatique	 Commande par levier	 Commande par galet
 Commande électrique direct	 Rappel par ressort	 Commande manuelle	 Commande par pédale

Distributeur MONOSTABLE	Distributeur BISTABLE
Si le distributeur possède un rappel par ressort on dit qu'il est MONOSTABLE. En présence du signal de pilotage, le tiroir bascule et reste dans sa position si le pilotage est maintenu. En l'absence de signal de pilotage le tiroir retrouve sa position repos sous l'action du ressort.	Si le distributeur possède deux pilotages il est dit BISTABLE. En l'absence de signal de pilotage, le tiroir ne bouge pas et occupe la position qu'il avait précédemment.
	

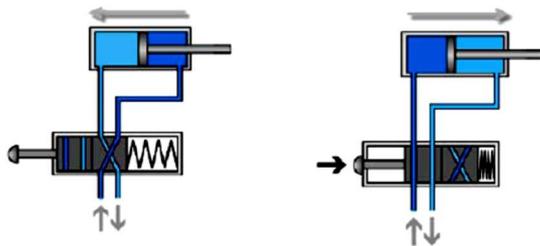
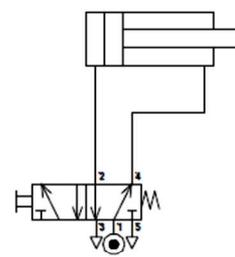
On peut associer plusieurs types de commande :



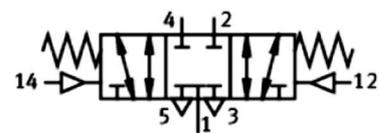
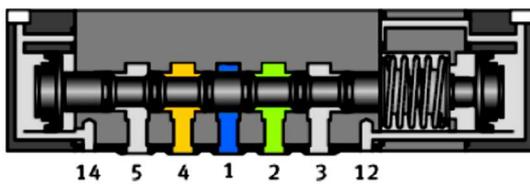
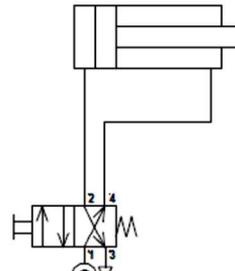
Distributeur 3/2 monostable
(3 orifices et 2 positions)



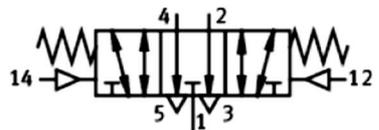
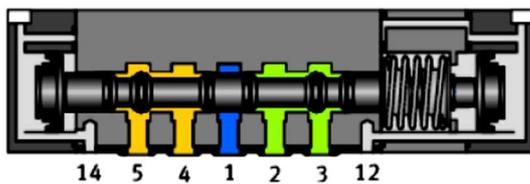
Distributeur 5/2 monostable
(5 orifices et 2 positions)



Distributeur 4/2 monostable
(4 orifices et 2 positions)



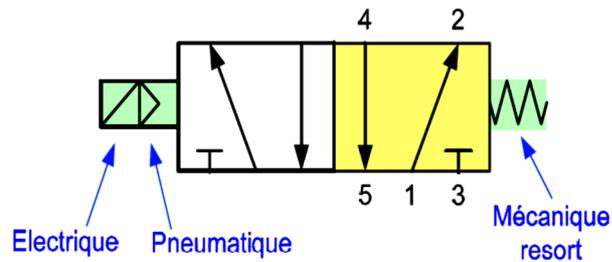
Distributeur 5/3 à centre fermé



Distributeur 5/3 à centre ouvert

Exercice :

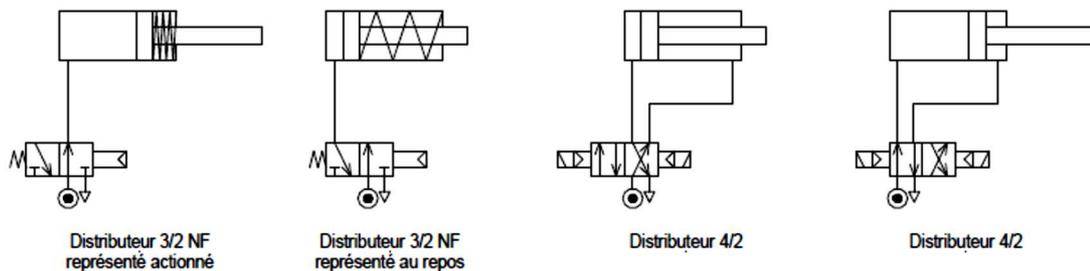
Déterminer le type de distributeur et les modes de commande utilisée :



Distributeur 5 / 2 à commande électropneumatique avec rappel par ressort

2.1. REGLE DE CABLAGE :

- Il ne faut représenter les connexions que sur une seule case.
- Dans le cas d'un distributeur 3/2 ou 4/2 l'alimentation se fait par l'orifice de gauche de la case concernée par les connexions.
- On représente le distributeur dans la position du pilotage active sur le schéma. Ce n'est donc pas forcément la position de rappel par le ressort.
- L'état de la tige du vérin doit être en rapport avec la position du distributeur.



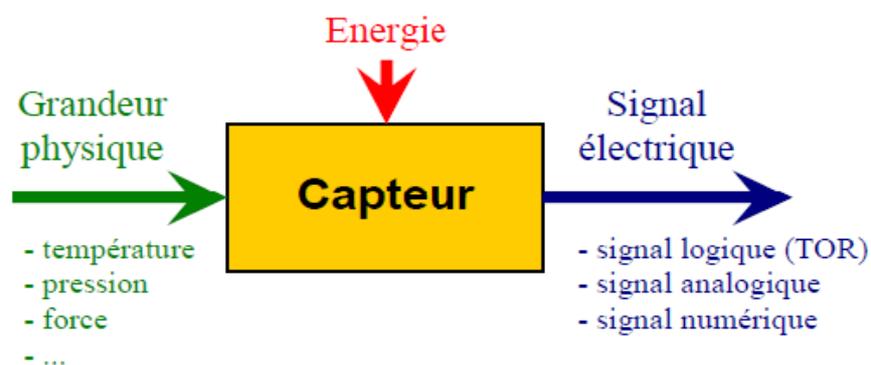
3. LES CAPTEURS PNEUMATIQUES

Dans de nombreux domaines (industrie, recherche scientifique, services, loisirs...), on a besoin de contrôler des paramètres physiques (température, force, position, vitesse, luminosité...).

Le capteur est l'élément indispensable à la détection de ces grandeurs physiques.

Un capteur est un organe de prélèvement d'informations qui élabore à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (souvent électrique).

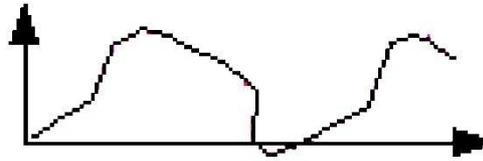
Cette grandeur représentative de la grandeur prélevée est utilisable à des fins de mesure ou de commande.



On peut classer les capteurs en 3 groupes en fonction de la nature de l'information délivrée en

Les capteurs analogiques

Dans la pratique industrielle, on donne à ce type de matériel le nom de capteurs.

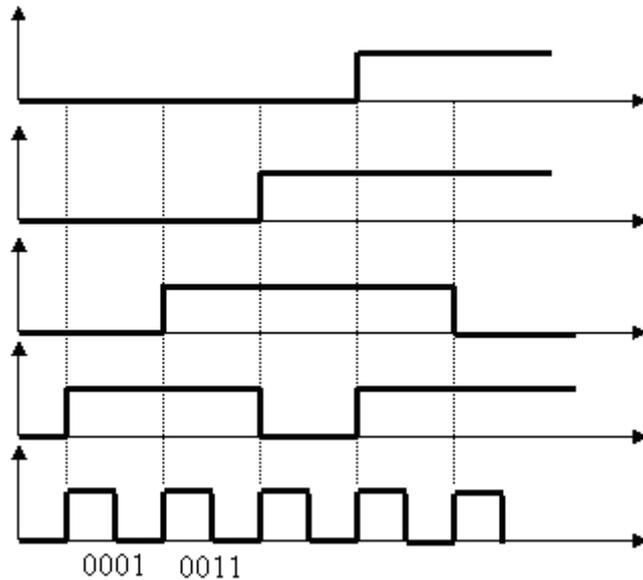


Type de signal de sortie : 0 – 10V ou
4 – 20mA

Les capteurs numériques

Souvent nommés codeurs ou compteurs.

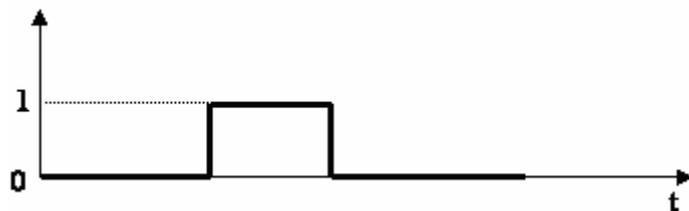
Type de signal de sortie : 0011 ou
0001



Les capteurs logiques ou Tout Ou Rien (TOR)

Ils portent le nom de détecteurs.

Type de signal de sortie 0V ou 5V

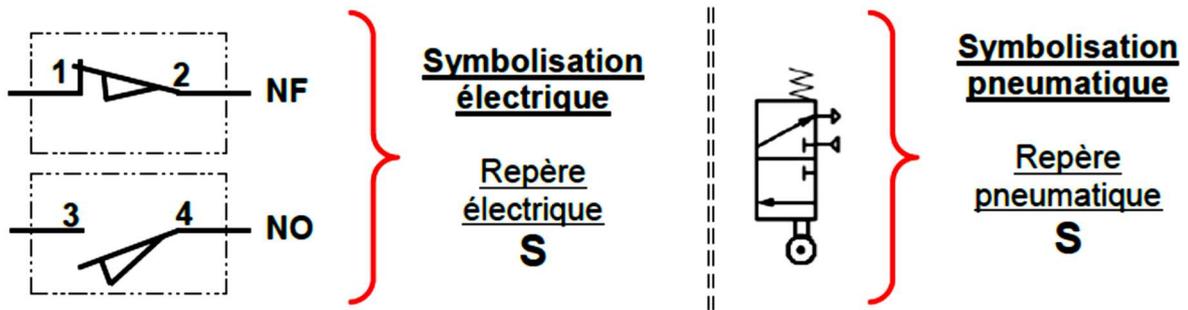


Les systèmes pneumatiques exigent des capteurs de types TOR, ces capteurs peuvent aussi être appelé détecteurs qui représentent :

3.1. LES DETECTEURS DE PRESENCE PAR CONTACT.

Détecteur à action mécanique (à contact avec l'objet à détecter) Ils sont appelés :

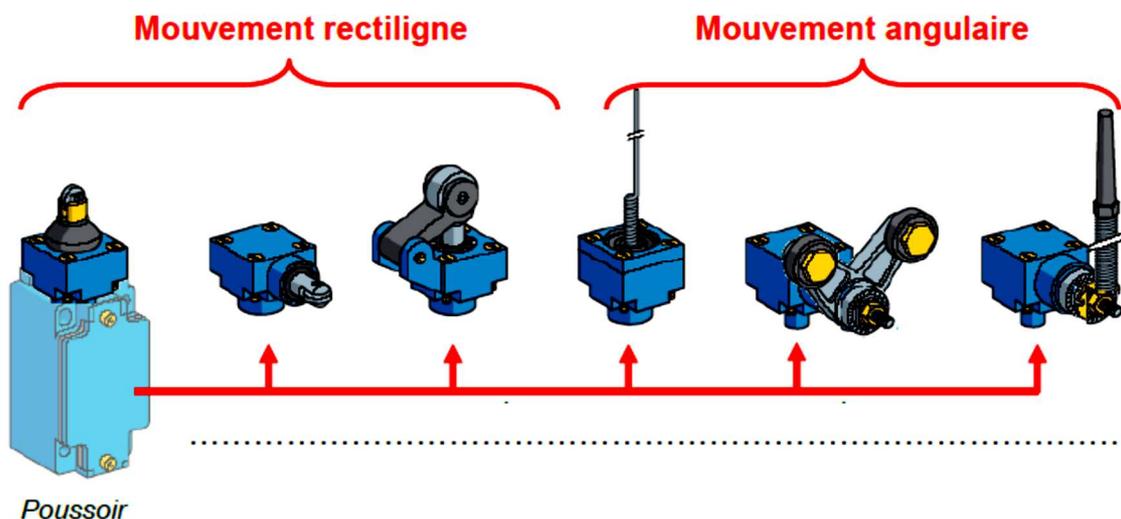
Les détecteurs de position, les interrupteurs de position ou bien les interrupteurs de fin de course qui sont en contact direct avec la pièce en mouvement qu'il faut détecter. Ces détecteurs peuvent être à sortie électrique ou pneumatique.



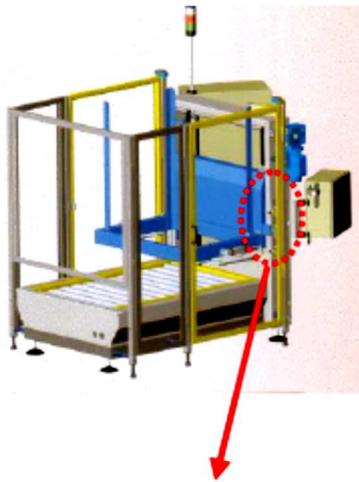
L'action mécanique sur la partie mobile du capteur permet d'établir ou d'interrompre un contact électrique.

Ils transmettent au système de traitement les informations de présence, d'absence, de passage, de positionnement ou de fin de course.

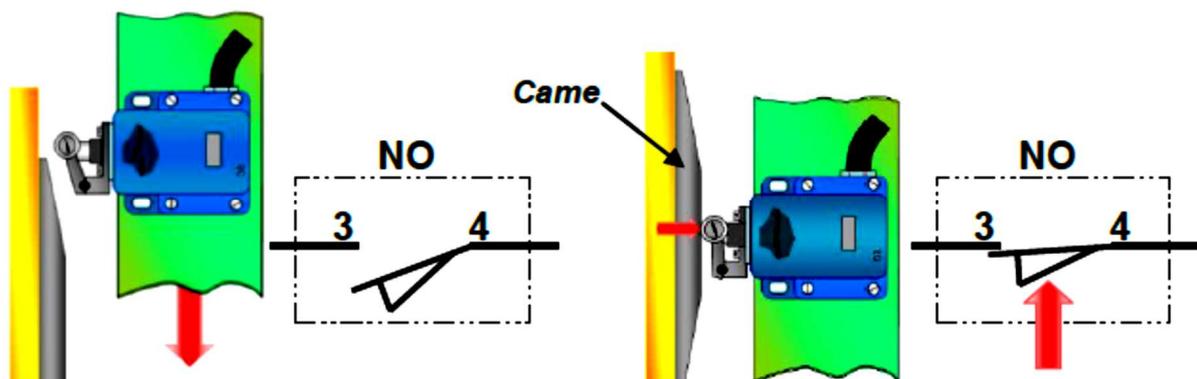
Plusieurs têtes de commande leur permettent de s'adapter au mobile à détecter.



Exemple d'application :



Détection de fin de course de l'élèveateur de palettes



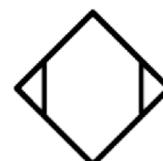
Phase 1 : Le chariot élévateur descend en direction de la came de détection. Le contact 3-4 reste dans sa position repos « contact ouvert »

Phase 2 : Le chariot élévateur atteint la position basse. La came vient actionner la fin de course. Le contact 3-4 se ferme, la position est détectée.

3.2. DETECTEUR DE PROXIMITE :

Les capteurs pour la détection sans contact sont très rependus. On les utilise chaque fois qu'il est nécessaire de détecter la présence d'un élément sans contact physique avec lui.

Symbole général d'un détecteur de proximité



On distingue plusieurs détecteurs de proximité électriques :

3.2.1. DETECTEURS INDUCTIFS :

Les capteurs de proximité inductifs permettent de détecter tout objet métallique qui se trouve à proximité de la tête de détection.

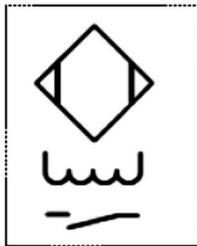
Un capteur inductif se compose essentiellement d'un oscillateur.

Le champ électromagnétique est créé à l'avant de la face sensible.

Toute pièce métallique pénétrant dans ce champ devient le siège de courants de Foucault qui provoquent l'arrêt des oscillations.

C'est donc l'arrêt des oscillations qui est détecté.

La distance de détection varie de 1 à 60 mm selon le type de capteur, les conditions d'utilisation et la nature de l'objet à détecter (acier, aluminium, cuivre ...). Ils supportent bien les ambiances humides et poussiéreuses.



Symbole d'un détecteur de proximité capacitif



Détection de présence d'un bidon métallique.

3.2.1. DETECTEURS CAPACITIFS

Les capteurs de proximité capacitifs permettent de détecter tout objet qui se trouve à proximité de la tête de détection.

Un capteur capacitif se compose essentiellement d'un oscillateur dont le condensateur constitue la face sensible.

Lorsqu'un matériau conducteur ou isolant de permittivité supérieure à 1 est placé dans ce champ, il modifie la capacité et provoque l'arrêt des oscillations.

Comme pour le capteur inductif, c'est l'arrêt des oscillations qui est détecté.

L'avantage par rapport au capteur inductif c'est qu'il peut détecter à courte distance la présence de tous types d'objets.

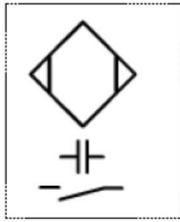
Leur distance de détection est faible (quelques millimètres). Ils sont donc délicats à mettre en œuvre et ne seront employés que lorsqu'il n'est pas possible d'utiliser une autre technologie.

L'ordre de grandeur des distances de détection :

Carton: 4 mm
acier: 10 mm

Bois: 4 mm
verre: 7 mm

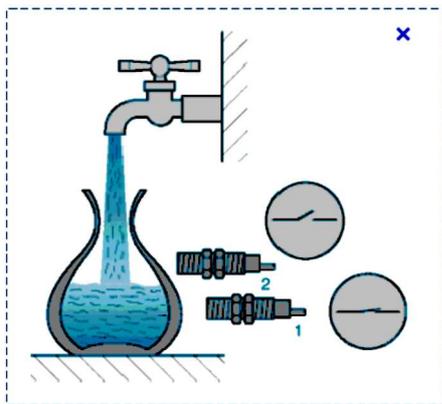
Eau: 10 mm
PVC: 6 mm



Symbole d'un détecteur de proximité capacitif



Exemple d'application :



Détection du niveau de l'eau



Exemple typique à la détection d'emballage de médicament sur une bande transporteuse

3.2.2. DETECTEURS PHOTOELECTRIQUES

Un détecteur photoélectrique réalise la détection d'une cible, qui peut être un objet ou une personne, au moyen d'un faisceau lumineux.

Les détecteurs photoélectriques se composent essentiellement d'un émetteur de lumière associé à un récepteur photosensible.

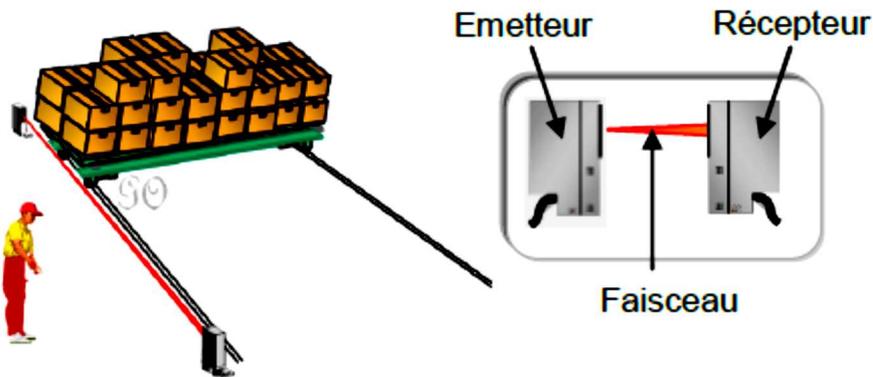
La détection est effective quand l'objet pénètre dans le faisceau lumineux et modifie suffisamment la quantité de lumière reçue par le récepteur pour provoquer un changement d'état de la sortie.

Le système barrage :

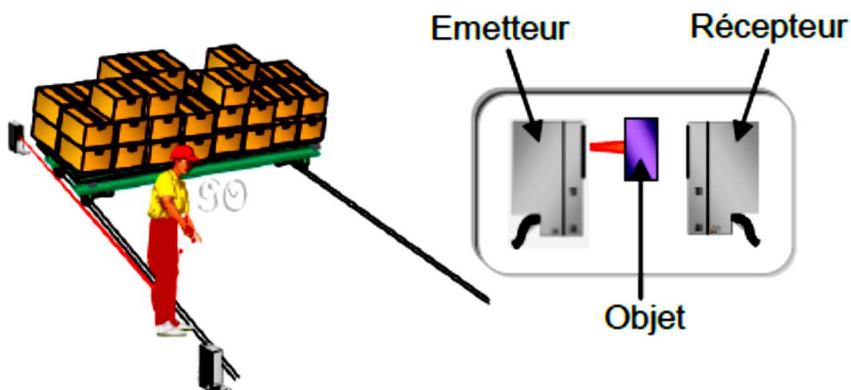
- L'émetteur et le récepteur sont présentés sous forme de deux boîtiers.
- L'objet est détecté lorsqu'il n'est pas transparent.

Ce système autorise de plus longues distances de détection, jusqu'à 30 m. la distance de détection est aussi appelée portée.

Exemple d'application :



Phase 1 : La personne se dirige en direction de la zone dite dangereuse. Le faisceau de lumière émis par l'émetteur est capté par le récepteur.



Phase 2 :

La personne traverse la zone dite dangereuse et coupe le faisceau lumineux. Le faisceau lumineux est interrompu, la personne est détectée. Le récepteur envoie un signal électrique à la partie commande.

4. LES ACTIONNEURS PNEUMATIQUES

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 (fonctions logiques : OU, ET).

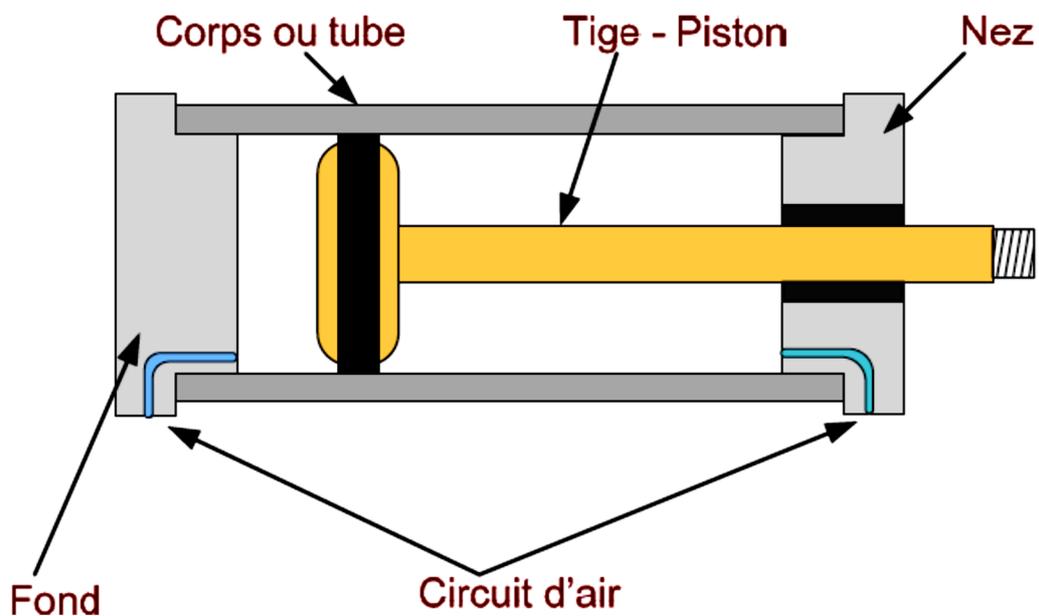
4.1. LE VERIN PNEUMATIQUE



Les vérins réalisent des mouvements linéaires.

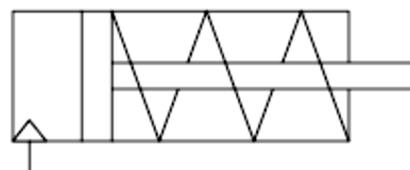
Ils sont munis d'un piston avec une tige qui se déplace librement à l'intérieur d'un tube. En fonction du type ils ont un ou deux orifices permettant l'admission ou l'échappement de l'air. La longueur du mouvement définit la course du vérin, le diamètre est lié à la force à exécuter au cours du mouvement.

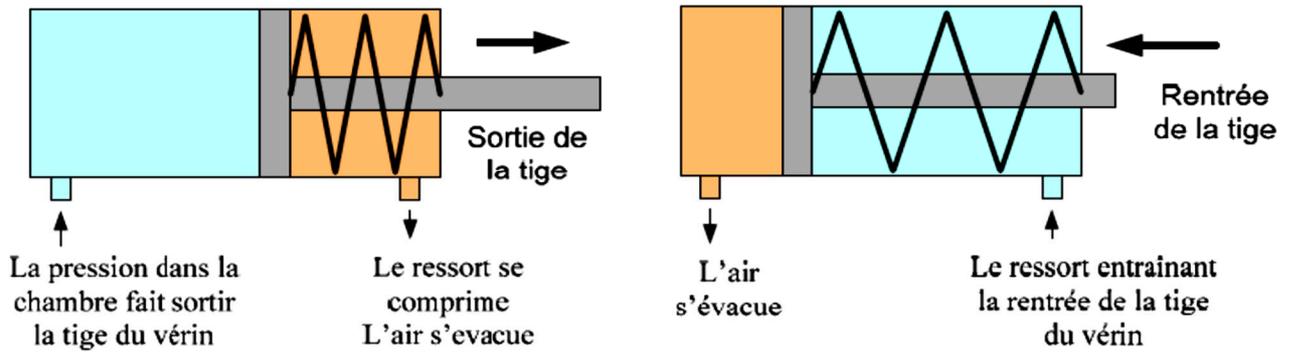
Exemple de constitution :



Il existe différents types de vérins :

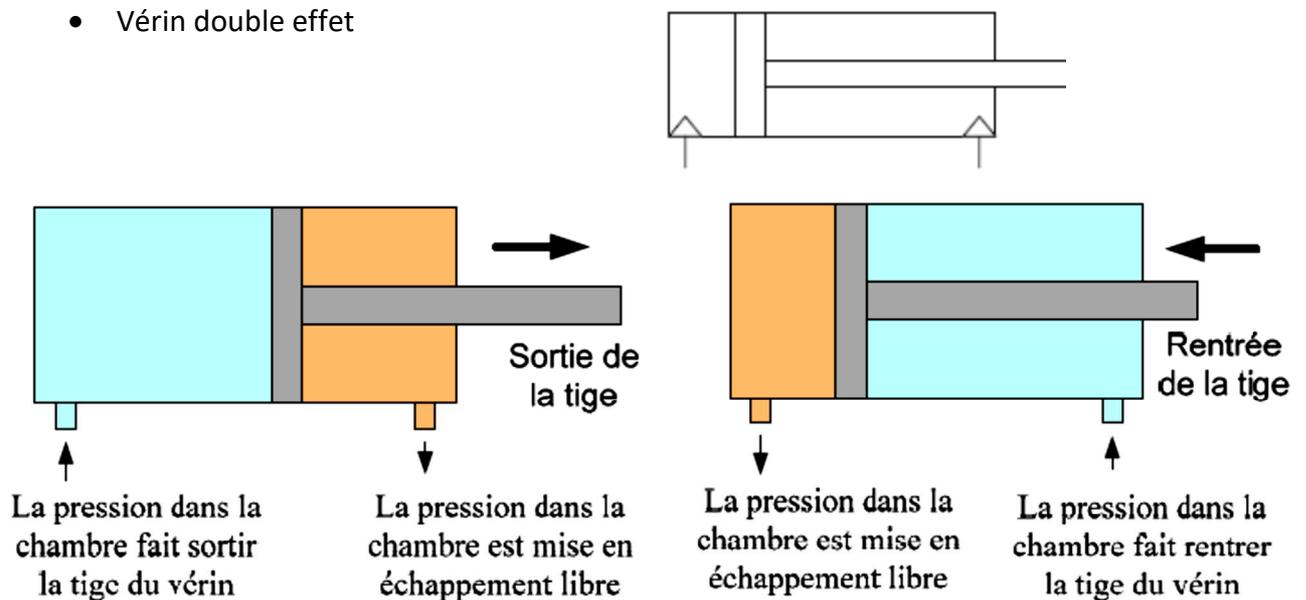
- Vérin simple effet





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

- Vérin double effet



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

A) MISE EN ŒUVRE D'UNE COMMANDE DE VERIN

On désire commander un vérin double effet avec un distributeur 5/2 avec commande pneumatique.

Schéma en position initiale

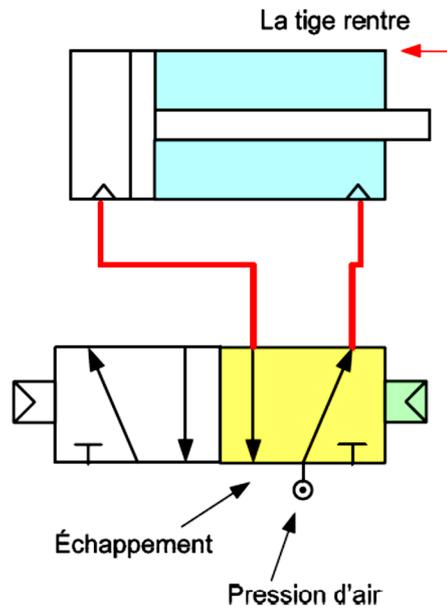
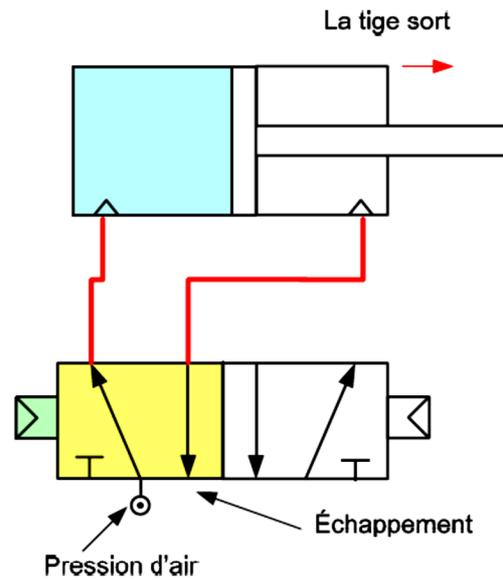


Schéma en position commande



4.2. LE MOTEUR PNEUMATIQUE

Les moteurs pneumatiques sont des systèmes d'entraînement sûrs et robustes utilisés dans des applications où un entraînement puissant et résistant aux surcharges, en particulier là où les technologies d'entraînement conventionnelles ne sont pas appropriées.

Ce type de moteur peuvent être utilisée dans des environnements spécifiques comme : les atmosphères humides et corrosion (bateaux ou en bord de mer); les atmosphères poussiéreux (chantier, système de sablage, agroalimentaire avec des silos de grains); le nucléaire; les environnements propres (agroalimentaire ou secteur médical); les environnements au contraintes mécaniques fortes.

4.2.1. CINQ RAISONS DE CHOISIR LES MOTEURS PNEUMATIQUES

1- LE MOTEUR PNEUMATIQUE : PETIT MAIS PUISSANT

Grâce à son design léger et compact, le moteur pneumatique est, à puissance égale, 4 à 5 fois moins lourd qu'un moteur électrique.

Notre plus grand (3200 watt) VS plus petit (150watt) moteur pneumatique.

2- LA FIABILITE DU MOTEUR PNEUMATIQUE EST SANS EGALE.

Même soumis à une surcharge, il ne s'abîme pas bien qu'il reste bloqué. Lorsque la charge est abaissée, le moteur se débloque, et se remet à fonctionner normalement. De plus, il n'y a pas de pic d'intensité au démarrage.

3- LE MOTEUR PNEUMATIQUE S'ADAPTE A TOUS LES ENVIRONNEMENTS.

Il est notamment habilité dans les environnements ATEX (Atmosphère Explosif) ainsi que humide. Il n'y a également aucun risque d'incompatibilité électromagnétique (CEM). De plus, il ne surchauffe pas, car il est refroidi par l'air qui l'alimente.

4- LE COUT D'UN MOTEUR PNEUMATIQUE EST TRES COMPETITIF.

En effet, les lignes d'alimentation pneumatiques sont moins chères que les lignes hydrauliques par exemple. Le coût d'entretien est également diminué car un moteur pneumatique ne nécessite que peu de maintenance. De plus, comme vu précédemment, le moteur pneumatique ne chauffe pas, en comparaison, le moteur électrique devra être surdimensionné pour éviter qu'il ne surchauffe. Enfin, les protections contre l'humidité représentent un coût non négligeable et absolument pas nécessaire lors de l'utilisation d'un moteur pneumatique.

5- LE MOTEUR PNEUMATIQUE EST RESPECTUEUX A L'ENVIRONNEMENT.

Il ne dégage pas de pollution additionnelle, et son recyclage est facile par la simplicité de ses matériaux. C'est une très bonne alternative au moteur thermique à essence ou au moteur électrique.

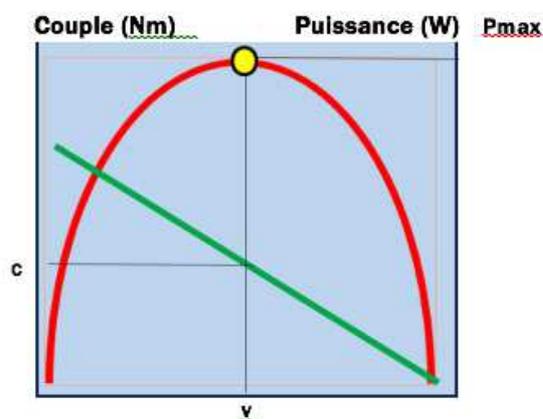
4.2.2. FONCTIONNEMENT DES MOTEURS PNEUMATIQUES

Il existe plusieurs types de moteurs pneumatiques. Nous avons opté pour celui à palettes du fait de sa simplicité et de la sécurité de fonctionnement qu'il procure. Par ailleurs, du fait de son faible encombrement, il s'intègre facilement dans toutes les applications.

Le moteur complet se compose d'un ensemble moteur associé à un réducteur planétaire qui fournit à l'arbre de transmission la vitesse de rotation et le couple souhaités.

Pour le bon choix et l'utilisation d'un moteur pneumatique trois critères s'imposent :

A) LE RENDEMENT ENERGETIQUE



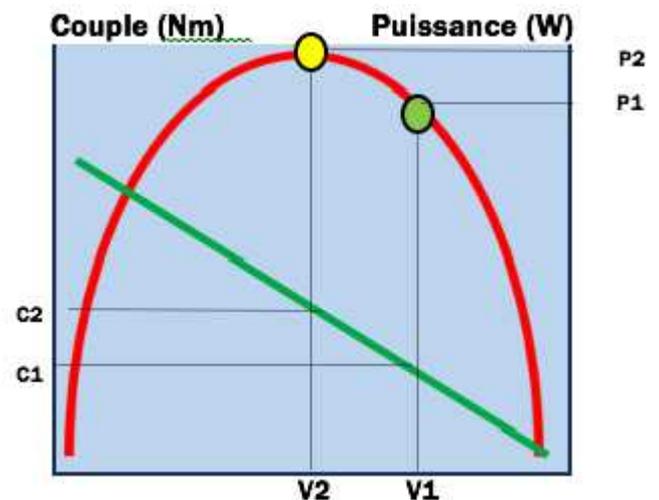
V : vitesse de rotation (tr/min)

Maximiser l'efficacité énergétique permet :

- A. D'être aussi proche que possible de la puissance maximale du moteur
- B. D'optimiser la taille du moteur
- C. De réduire les coûts
- D. De maximiser le ratio puissance / conso d'air

B) LA RESERVE DE PUISSANCE DISPONIBLE SOUHAITEE

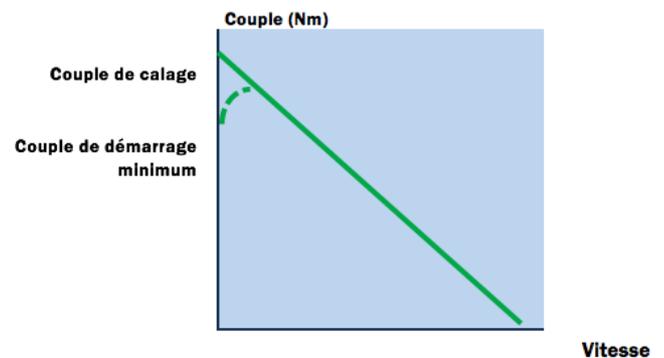
Dans ce cas, on choisira un moteur dont la vitesse de rotation au point de fonctionnement en exploitation normale est supérieure à celle du point de fonctionnement optimal. Ainsi, au moment du point dur, le couple demandé passera de C_1 à C_2 et la vitesse diminuera de V_1 à V_2 , et la puissance délivrée augmentera de P_1 à P_2 .



C) LE COUPLE DE CALAGE OU DE DEMARRAGE EN CHARGE.

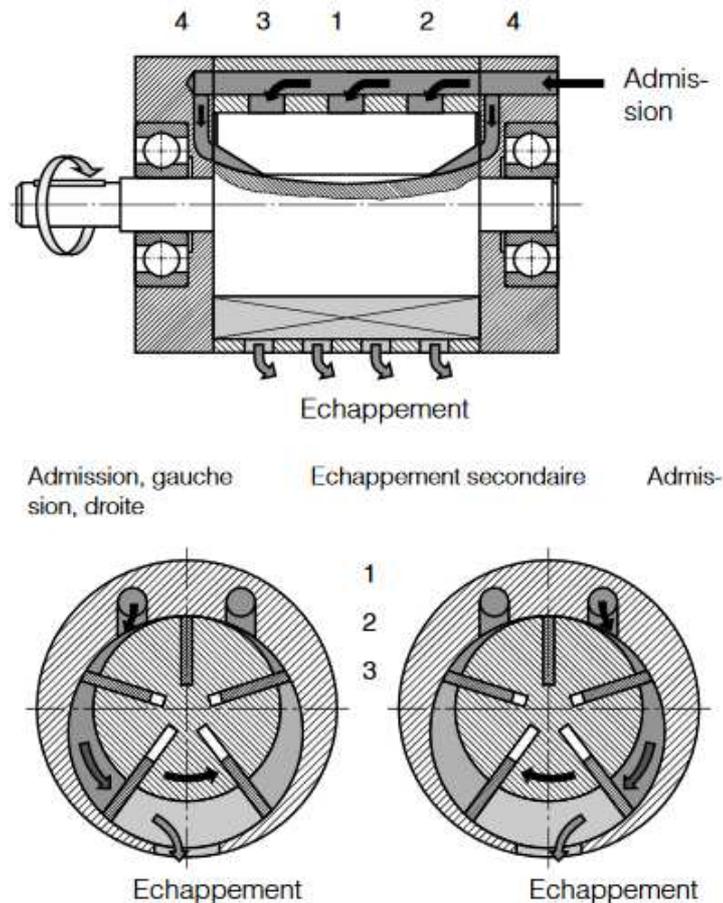
Le couple de calage est le couple maximal délivré par le moteur. C'est le cas par exemple lorsqu'on utilise des moteurs pneumatiques pour visser, brider ou fermer des portes (aspect sécurité)

Le couple de démarrage en charge est une donnée importante notamment dans le cas d'utilisation de moteur pour du levage de charge



Dans un moteur pneumatique, on peut distinguer 2 parties, une partie pneumatique qui actionne le moteur et une partie que l'on appelle réduction, qui ajuste la vitesse de rotation du moteur ainsi que le couple.





La partie pneumatique du moteur est un stator qui renferme un rotor. La partie qui sépare le rotor et le stator est en forme de croissant. Le stator est fermé par deux flasques aux extrémités, une permettant de guider le rotor et l'autre permettant l'alimentation en air. Lorsque que le rotor tourne, grâce à l'air, les palettes sortent de leurs encoches tout en restant en contact avec la partie interne du stator.

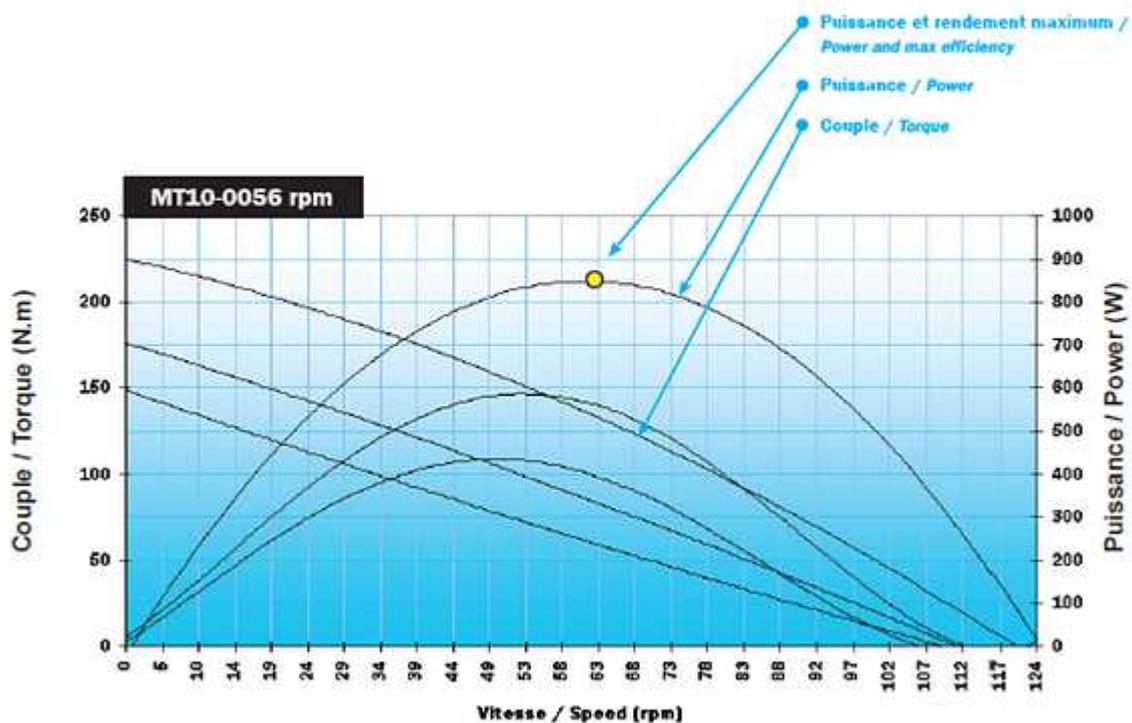
D'une autre façon, un rotor muni de palettes tourne à l'intérieur d'un cylindre. L'air comprimé alimente le moteur par l'un des fonds et s'échappe par une ouverture dans le cylindre. Pour que le démarrage s'effectue correctement, l'air s'infiltré d'abord sous les palettes et les pousse contre la paroi intérieure du cylindre. Une fois le moteur lancé, la force centrifuge prend le relais. La pression agit toujours perpendiculairement à une surface, ce qui fait que le couple délivré par le moteur est la résultante des surfaces des palettes et de la pression d'air. Lorsque la palette arrive à son point le plus bas, l'air comprimé s'échappe. La rotation continue, comprimant l'air qui est ensuite évacué dans l'orifice d'échappement secondaire. C'est par ce même orifice que l'on introduit l'air comprimé lorsqu'on souhaite faire tourner le rotor en sens contraire.

La pression d'air injectée dans le moteur via la chambre de compression varie entre 4 et 6 bars.

4.2.3. DIX CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU MOTEUR PNEUMATIQUE

Facilité de mise en œuvre : Les systèmes pneumatiques ne nécessitent pas de contrôle sophistiqué, il est simple de faire varier la vitesse et le couple en limitant l'arrivée d'air par exemple.

Une souplesse de fonctionnement : Les moteurs pneumatiques adaptent leur vitesse en fonction du couple. Ci-dessous le graphique représentant les courbes :



Pas d'encombrement : Un moteur pneumatique est 5 à 6 fois plus léger qu'un moteur électrique, à puissance égale. Nos plus petits moteurs pèsent environ 700 grammes et nos plus gros pèsent aux alentours de 7 kilogrammes.

Aucun risque d'incendie : Contrairement aux moteurs électriques, les moteurs pneumatiques ne présentent pas de pics d'intensité au démarrage. Lors d'application où le démarrage est très fréquent les systèmes électriques et hydrauliques peuvent donc surchauffer et créer un risque d'incendie.

Durable et Fiable : Les moteurs pneumatiques sont fiables, ne surchauffent pas, ne s'abîment pas au calage ou lors de surcharge. Ils peuvent être utilisés dans des environnements dangereux (inflammables ou explosifs). Ils ne craignent ni l'humidité ni la poussière et leur maintenance est très facile (produit durable).

Fonctionnement dans les deux sens de rotation : Il est tout à fait possible d'utiliser les moteurs pneumatiques dans les deux sens de rotation. Comme nous l'avons vu précédemment, il suffit simplement de changer l'arrivée d'air.

Un fonctionnement sans danger : Il n'y a aucune source d'électricité dans ce type de moteurs, par conséquent aucun risque d'étincelles. Pas de chaleur, donc pas de surchauffe.

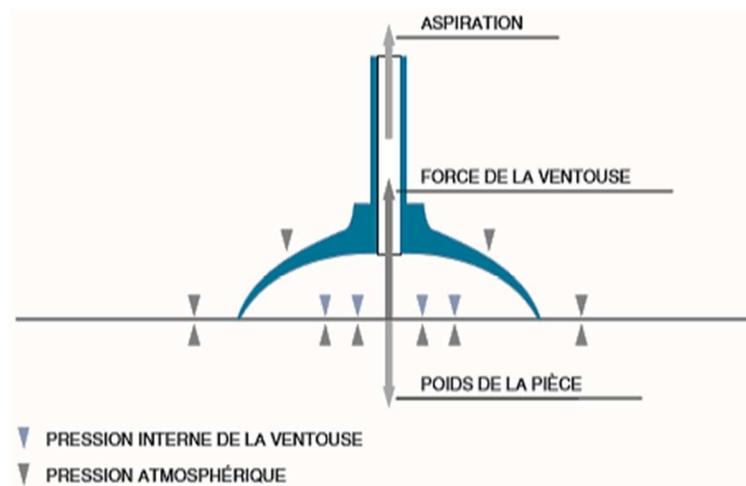
Pas besoin d'habilitation électrique : Dans ces types de moteurs les opérateurs peuvent tout à fait installer, utiliser et effectuer une maintenance en toute sécurité.

Recyclable : Ces moteurs sont respectueux de l'environnement, car ils ne polluent pas et ne rejettent pas de pollution dans l'air. De plus, ils sont fabriqués avec des matériaux recyclables comme l'aluminium ou l'acier.

Son fonctionnement en conditions extrêmes : Les moteurs pneumatiques résistent à l'humidité, la chaleur, la poussière, aux champs magnétiques ainsi qu'aux radiations. Ils ne risquent donc pas d'exploser. Ils peuvent fonctionner à des températures extrêmes allant de -30° Celsius à +150° Celsius. Ils sont adaptés à tous les environnements.

4.3. LES VENTOUSES PNEUMATIQUES

La ventouse est activée par la différence de pression entre l'intérieur (vide) et l'extérieur (atmosphère). La ventouse pourra ainsi manipuler des pièces d'un poids de quelques grammes à plusieurs tonnes suivant leur diamètre.



• Calculs théoriques

Force d'arrachement $F = (P_{atm} - P_v) \times S_1$

Capacité de levage $C_{max} = 1,03 \Delta P \times S_2$

Capacité de levage d'une ventouse ronde $C_{max} = 0,81 \Delta P \times D^2$

Calcul du diamètre d'une ventouse $D = 1,11 \times (C / \Delta P)^{0,5}$

ABREVIATIONS

F: force d'arrachement

P_v : pression ventouse

P_{atm} : pression atmosphérique

S: surface utile

ΔP : dépression

D: diamètre

C: capacité de levage théorique

UNITÉS

U: Vide en %

F: Newton

P_v : Pascal

P_{atm} : Pascal

S_2 : cm²

S_1 : m²

ΔP : bar

D : cm C max: kg

Exemple : en théorie, pour lever une charge de 100 kg, avec un niveau de vide de 80 %
 $D = 1,11 \times (100 / 0.8)^{0.5} = 12,4 \text{ cm.}$

- **Conditions réelles**

Les capacités de levage des ventouses varient de façon significative par rapport au calcul théorique, du fait de :

- La nature du produit :
 - étanche
 - poreux
- L'état de surface :
 - propreté
 - rugosité
- La surface utile de la ventouse
- Forme (dimensions) du produit
- La déformation de la ventouse est influencée par :
 - le niveau de vide
 - la force exercée
 - la forme de la ventouse
 - la matière de la ventouse

SECURITE

- **Coefficient de sécurité** : Les systèmes à ventouses de levage doivent être dimensionnés de telle sorte que la force d'adhérence soit toujours au moins égale à 2 fois la composante effective de la charge nominale à la limite inférieure de la fourchette de dépression qui peut être utilisée (...)" Ce coefficient de sécurité de 2 (pour la manutention horizontale) couvre une partie seulement des incertitudes (état de surface, etc...). Les points suivants doivent faire l'objet d'une approche spécifique.

- **Matières**

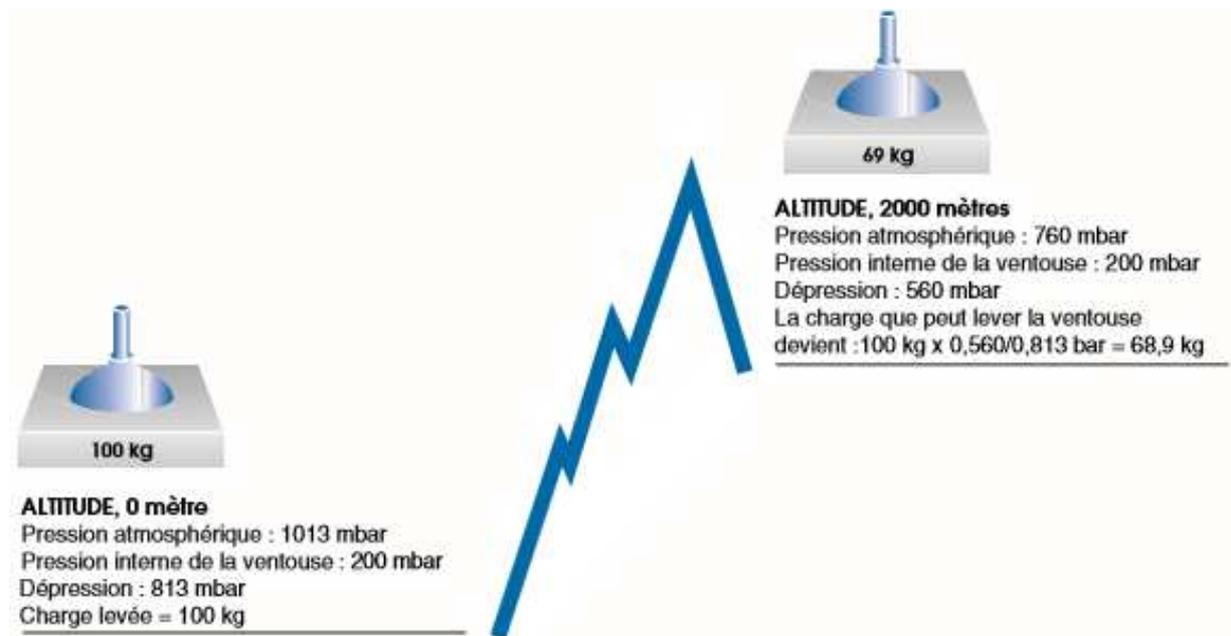
Les matières utilisées influent considérablement sur la capacité de levage d'une ventouse. Les performances correspondant aux 4 matériaux les plus utilisés, sont indiquées dans chaque fiche technique (voir section suivante).

- **Efforts dynamiques** Selon la formule $F = M \times A$ (Force = Masse x Accélération), il ne faut pas négliger les efforts dynamiques induits par les déplacements et qui doivent s'ajouter au poids du produit. Critère à surveiller de près en cas de fortes accélérations, transferts, pivotement,... La force d'arrachement augmentera alors de manière significative.

- **Manipulation verticale** En manipulation verticale, la ventouse travaille en friction. Le coefficient de sécurité à appliquer est de 6. Il faut donc diviser par 3 les valeurs indiquées dans les tableaux de forces des fiches techniques de présentation. Par exemple, pour une ventouse indiquée à 12 kg en manutention horizontale, la capacité de levage en manipulation verticale devient $12/3 = 4 \text{ kg.}$

● **Altitude**

Avec l'altitude, la pression atmosphérique diminue. Si la pression reste la même dans la ventouse, la capacité de levage de celle-ci diminue.



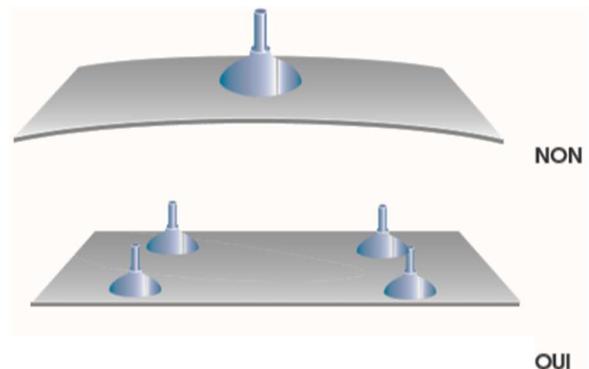
Exemple : Compte tenu de tous ces paramètres, l'exemple de la page précédente avec : ● une ventouse en nitrile ● une dépression de 810 mbar max. ● une limite inférieure de plage de dépression à 600 mbar (seuil de déclenchement de l'alarme) ● un coefficient de sécurité de $K = 2$ et une accélération négligeable Le calcul du diamètre devient : $D = 1,11 \times 12,4 = 13,87 \text{ cm}$ (et non plus 12.4 cm).

1 - CHOIX DU NOMBRE DES VENTOUSES :

Les points ci-dessous détaillent les critères intervenant pour ce choix

● **PRODUITS SOUPLES**

Le nombre de ventouses doit être suffisant pour garantir une bonne planéité du produit manipulé.



● **PRODUITS DEFORMABLES OU FRAGILES**

Si le produit risque d'être déformé par la ventouse, mieux vaut utiliser plusieurs ventouses de petites tailles ou des ventouses à butées.

● **PRODUITS POREUX OU SURFACES IRREGULIERES**

Les matières poreuses induisent une fuite dans les produits. Le niveau de vide dans la ventouse (et donc sa capacité de levage) diminuera ($F = k.U$). Des tests sont donc à effectuer afin de confirmer le choix des ventouses et du générateur de vide.

• **POIDS DU PRODUIT**

Le nombre de ventouses sera aussi déterminé par le poids à manipuler et la capacité nominale de chaque ventouse.

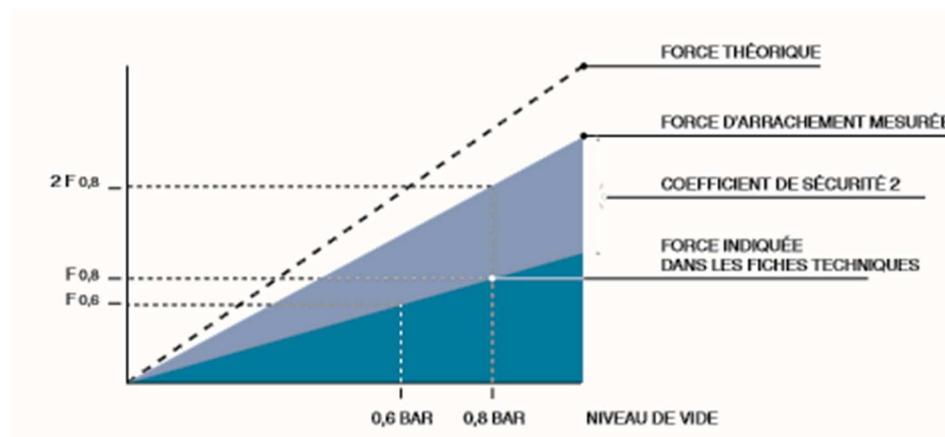
	NITRILE
Ø 10	0,2
Ø 20	0,9
Ø 34	2,7
Ø 53	5,8

Conditions de mesures

- capacité de levage en kg
- niveau de vide 80 %
- sur tôle sèche
- force statique, perpendiculaire à la surface
- niveau de la mer
- coefficient de sécurité 2

• **NIVEAU DE VIDE**

Le nombre de ventouses dépend du niveau de vide utilisé.



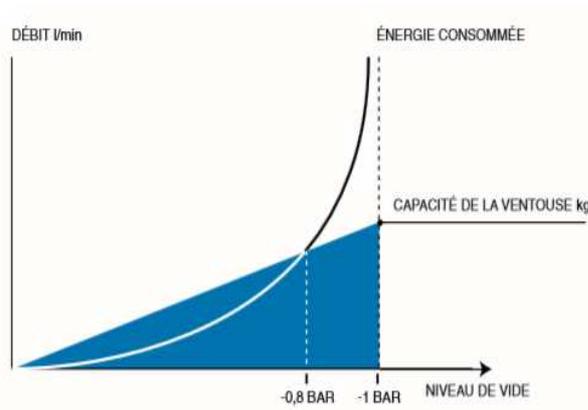
Pour obtenir la capacité de levage d'une ventouse, à pression différente de 0.8 bar indiquée dans les tableaux, utiliser la proportionnalité capacités de levage / niveau de vide :

$$\frac{C_{0,6}}{C_{0,8}} = \frac{\Delta P_{0,6}}{\Delta P_{0,8}}$$

Exemple : si à 0.8 bar la capacité de levage de la ventouse est de 12 kg, à 0.6 bar elle devient :

$$C_{0,6} = C_{0,8} \times \frac{0,6}{0,8} \qquad C_{0,6} = 12 \times \frac{0,6}{0,8}$$

• **INFLUENCE DU NIVEAU DE VIDE SUR LA VENTOUSE ET SUR LA CONSOMMATION D'ENERGIE**



Plus le vide est poussé :

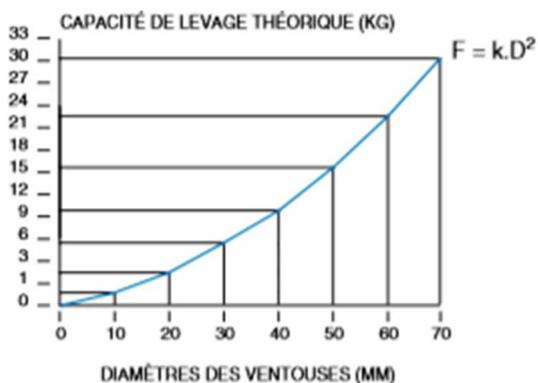
- plus la consommation d'énergie est importante,
- plus le temps de cycle est long,
- plus les fuites sont difficiles à compenser,
- plus la ventouse s'use.

Il est donc conseillé d'utiliser davantage de ventouses.

2 - CHOIX DU DIAMETRE DES VENTOUSES :

En théorie, la force de chaque ventouse est proportionnelle au carré du diamètre.

16 ventouses $\varnothing 10 = 1$ ventouse $\varnothing 40$



En pratique, le choix du diamètre dépendra également du raccord utilisé et de la matière de la ventouse.

3 - CHOIX DE LA MATIERE :

L'optimisation du rendement et de la durée de vie de vos ventouses dépend également de la matière. Voir les tableaux ci-dessous.

• LES MATIERES STANDARD ET SPECIALES

En utilisation, la ventouse subit des contraintes physiques, chimiques et mécaniques. En fonction de ces paramètres, une matière sera mieux adaptée qu'une autre.

Les matières standards de ces ventouses sont : silicone, nitrile, caoutchouc, polyuréthane.

Les matières spéciales de ces ventouses sont : nitrane , nitrile auto-extinguible, EPDM, VITON.

4.4. LE GENERATEUR DE VIDE PNEUMATIQUE

Pour générer le vide on n'a pas toujours besoin d'une pompe à vide. Avec de l'air comprimé on peut produire du vide de manière économique au moyen d'éjecteurs qui fonctionnent suivant le principe du venturi. Comme on doit souvent aspirer du vide pendant seulement une courte période dans une machine automatisée, l'utilisation de ce type de générateurs de vide

peut être plus avantageuse par rapport à l'utilisation d'une pompe à vide. En outre, la commande de ces systèmes est très flexible et rapide, ce qui est souvent une exigence dans l'automatisation. Voici quelques avantages concernant l'utilisation des générateurs de vide pneumatiques :

- Capacité de vide élevée pour de faibles débits d'air.
- Pas d'usure ni de maintenance sur les composants.
- Installation au plus près des ventouses (concept simple et économique).
- Conception compacte et faible poids.
- Position de montage à la convenance de l'utilisateur.
- Compacité, légèreté, fiabilité, peu ou pas d'usure.

4.4.1. LES DIFFERENTES TECHNIQUES DU GENERATEUR DE VIDE PNEUMATIQUE

Il existe 2 grandes familles de générateurs de vide utilisés dans la manipulation industrielle.

- - Les générateurs de vide pneumatique (venturi mono ou multi étagé et amplificateurs d'air)
- - Les générateurs de vide électrique (pompes à vide et turbines)

Voici un tableau de préconisation de matériel suivant l'application :

A. VENTURI ET RESEAU VIDE.

A1 - FONCTIONNEMENT

- Fonctionnement d'un venturi.

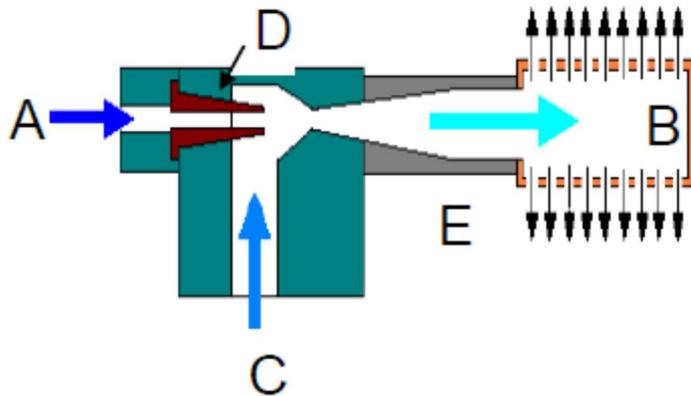
Comme son nom l'indique, ce type de générateur de vide utilise l'effet venturi (phénomène physique) qui se caractérise par l'alimentation en pression d'un profil buse + mélangeur bien particulier.

- L'air comprimé en A (filtré et non lubrifié) s'écoule à travers la buse D, et accroît sa vitesse. Le jet d'air expulsé par la buse est ensuite capté par le mélangeur E et enfin s'échappe par le silencieux B.

Le vide découle d'une dépression créée dans la chambre entourant la buse D.

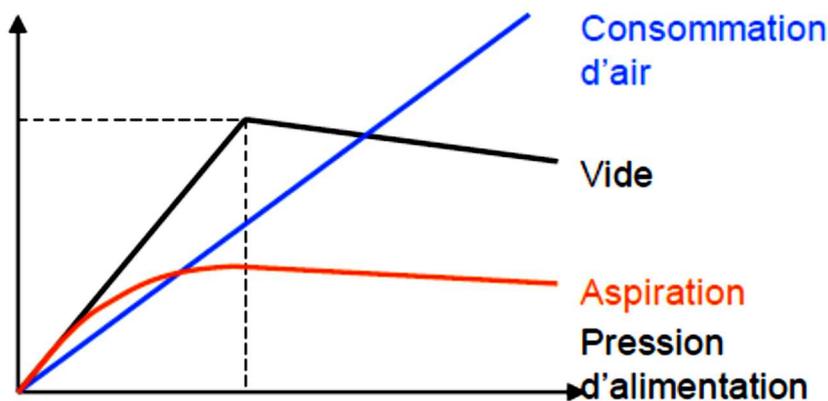
L'air aspiré en C emprunte le même chemin que l'air moteur pour finir dans le silencieux B

- On parle donc d'un débit consommé en A par la buse D, d'un débit aspiré en C et d'un débit refoulé en B qui correspond à l'addition des deux.

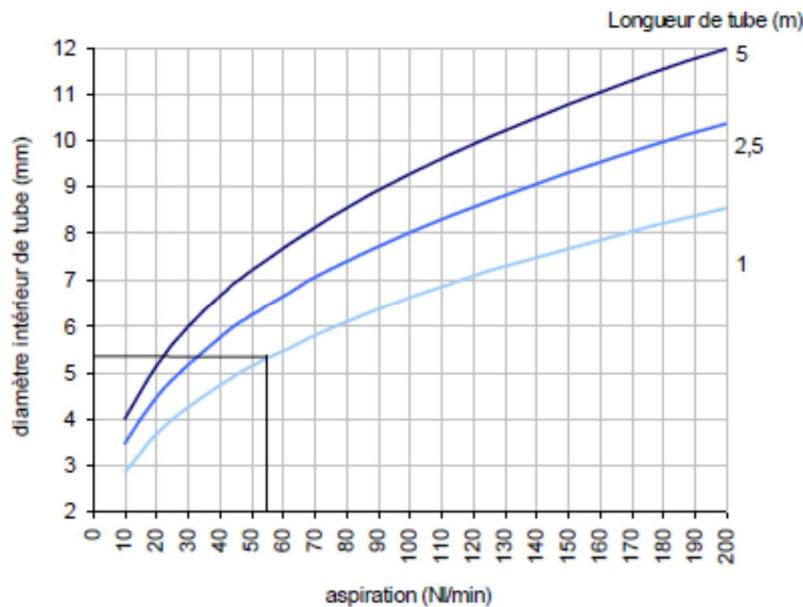


A2 - DIMENSIONNEMENT RESEAU VIDE

- Règles de base pour l'utilisation d'un venturi dans un réseau de vide :
 - Chaque venturi a une pression optimale de fonctionnement qui correspond à une valeur maximale de débit aspiré au niveau de vide maximum atteignable par celui-ci.
 - Si on sous alimente en pression le venturi, celui-ci chute en taux de vide et si on le sur alimente, la consommation d'air augmente d'autant qu'on augmente la pression en dégradant le débit aspiré et le vide.



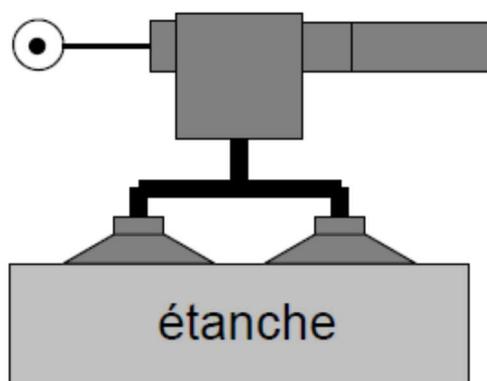
- Il est aussi important de surdimensionner le \varnothing intérieur des tubes du réseau de vide surtout si le venturi se trouve loin de l'application pour éviter tout phénomène de perte de charges (voir courbe ci-contre).
- Supprimer les fuites du réseau vide (ventouse usée, raccordement non étanche, tube coupé etc.)
- Dimensionner correctement le venturi pour éviter les lâchés de pièce (surtout dans les applications à porosité)



A3- DIMENSIONNEMENT DES VENTURIS

Pour les applications étanches :

- Définir le volume à vider qui correspond généralement à la somme des volumes internes de chaque ventouse + les volumes des tuyauteries et des raccords.
- Définir un temps de vidage en fonction du cycle machine car c'est de ce dernier que dépend la consommation du venturi. En effet, dans les applications étanches, plus on veut aller vite, plus on augmente la puissance du venturi (en augmentant le \varnothing de buse) donc la consommation. (Exemple : Avec un venturi type GVM3, on peut facilement soulever une voiture du moment où il n'y a pas de fuite et que les ventouses sont bien dimensionnées).



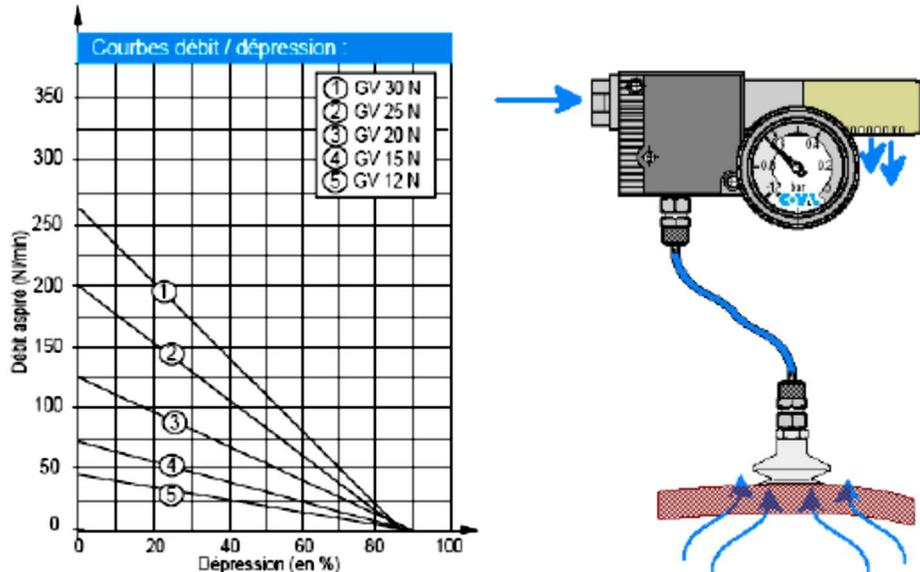
Pour la manipulation de produits poreux (même avec une faible porosité).

Le paramètre le plus pénalisant est sans conteste le débit de fuite issu de la porosité du produit manipulé. Dans ce cas, il est obligatoire de choisir un venturi pouvant fournir assez de débit (au taux de vide souhaité) pour compenser la fuite équivalente à la porosité du produit.

L'essai pratique est toujours préférable à l'étude théorique et elle peut donc être faite en utilisant un venturi "étalon" qui servira à quantifier le débit de fuite à travers le produit manipulé.

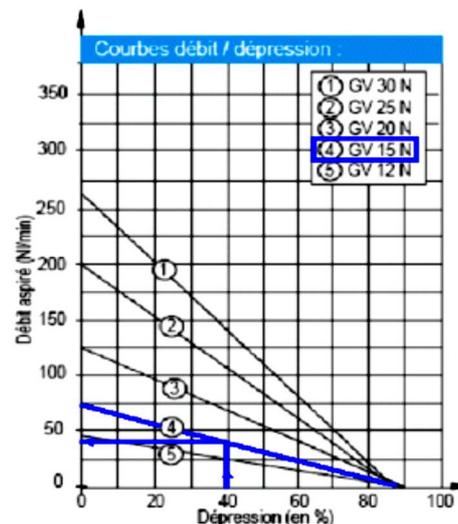
Un exemple :

Le venturi d'essai choisi (GV15N) peut atteindre le vide maximum de 90% avec un débit aspiré de 75 NI/mn (courbe ci-contre). Lors de l'essai pratique avec la ventouse choisie pour l'application, on arrive à obtenir seulement 40% de vide (lecture sur le vacuomètre) à cause de la porosité du produit manipulé. (voir schéma ci-contre).



Cette mesure nous permet de définir le débit de fuite équivalent à la porosité de l'application. Pour cela, on part du vide atteint lors de l'essai (40%) on remonte sur la courbe du venturi choisi (GV15N courbe 4) et on trace une droite pour trouver le débit de fuite. On a donc ici une fuite de 40 NI/min.

Dans cet exemple, on doit soulever une charge de 75 N en utilisant une ventouse d'une force de 100 N à 90% (cf catalogue). En utilisant la méthode des produits en croix, on obtient seulement une force de 44 N qui est donc insuffisante ($100 \times 40 / 90 = 44$).



En utilisant le même graphique, et à partir de la valeur obtenue, on peut donc chercher un venturi qui avec le même débit de fuite permet d'atteindre un niveau de vide supérieur.

Le venturi 2 permet d'atteindre un vide de 70% qui avec la ventouse de l'exemple permet d'obtenir une force de 78 N.
($100 \times 68 / 90 = 78$).

Ce sera donc le venturi adapté à l'application.

