

FESTO

**Dossier
Le vide**

Festo Belgium sa
Rue Colonel Bourg 101
BE-1030 Bruxelles

www.festo.com

Le Vide

“Saisir avec rien”?!...
...Cela paraît impossible, mais c'est possible.

Il n'y a pas de meilleure description de la technologie du vide. La technique d'aspiration par le vide rend possible ce que la préhension manuelle ou mécanique ne peut pas faire.

Dans ce dossier les composants les plus utilisés dans la technique du vide sont décrits.

Bonne lecture

Introduction

Il n'existe rien qu'il ne soit possible de "saisir" et pour lequel, dans la technique de manipulation, les possibilités de la technique du vide offre de nombreux avantages.

C'est lorsque d'autres techniques de préhension touchent à leurs limites que la technique du vide entre en jeu. Que ce soit dans le cas de marchandises très minces couvrant une surface importante, tels que le papier ou des plaques de tôle, ou d'articles comme les composants électroniques, le vide s'impose.

La technologie du vide permet de manier, à faible coût et avec un minimum de mise au point, ce type de produits qui, d'ordinaire, ne peuvent pas, ou seulement à grands frais, être séparés ou empaquetés. Le seul impératif est une pression absolue comprise entre 200 mbar et la pression ambiante.

La dépression est le plus souvent exprimée en pourcentage, 70% de vide correspondent à une pression absolue de 300 mbar ou à une dépression de 700 hPA (au niveau de la mer).



Un peu d'histoire ...



Le père de la technologie du vide, Otto von Guericke, mit en évidence, déjà au 17^e siècle, les forces résultant de l'évacuation de l'air contenu dans un volume.

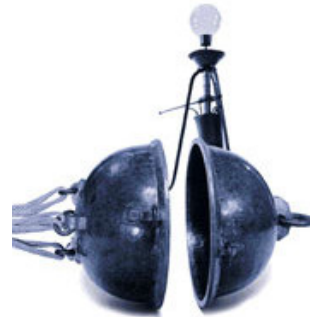
L'expérience des "hémisphères de Magdebourg" impressionna le monde entier.

Otto von Guericke était un des premiers physiciens qui connaissait la force de la pression de l'air.

Il a cependant été pris pour un fou car, sur un pari, en présence de toutes les personnes sur la place du village, il avait mis des hémisphères l'une sur l'autre et aspira le vide.

Après quoi, il affirma que 2 chevaux ne pouvaient pas détacher les hémisphères l'une de l'autre....

... Et les 2 chevaux n'y arrivèrent pas !



Et aujourd'hui alors ?

C'était à l'époque et c'est loin de nos applications de vide actuelles. La technique du vide, grâce à sa fiabilité et à sa diversité, s'est forgée une place stable dans les applications de manipulation. Pour profiter pleinement de tous les

avantages de cette technique simple et peu coûteuse, il est indispensable de connaître les principes fondamentaux essentiels et les composants les plus importants.

A l'heure actuelle nous ne pouvons plus faire abstraction de la technologie du vide. Le vide est d'une importance vitale dans pas mal de processus industriels et est un moyen idéal pour la prise et le déplacement des objets

La dépression

On obtient le vide en diminuant la pression dans un volume de manière à ce que la pression atmosphérique devienne une source potentielle d'énergie.

La pression atmosphérique de 1.013 hPa (1.013 hPa = 0,1013 MPa = 1.013 mbar = 1,013 bar) est notre pression environnante et est donc utilisée comme point de référence avec la valeur 0.

La valeur la plus élevée que le vide peut atteindre est 1.013 hPa et correspond avec le vide absolu, cette valeur ne peut pas être atteinte dans la pratique.

Comme le vide est déjà une spécification de pression, le terme "pression de vide" souvent utilisé n'est pas correct, on parle de pression de travail, de dépression ou en bref, du vide.

La pression de travail est exprimée en pression relative où la pression atmosphérique est assimilée à la valeur 0.

La pression de travail est une pression relative négative et est donc indiquée avec le signe moins.

La pression de travail peut varier entre 0 et -1.013 hPa.

La dépression est également exprimée en pression relative où la différence est mesurée entre la pression atmosphérique et la pression de travail.

La dépression est donc indiquée avec un signe plus et peut recevoir une valeur entre 0 et +1.013 hPa.

Le vide est le plus souvent indiqué en % et peut théoriquement recevoir une valeur entre 0 et 100%.

- 0% de vide correspond à la pression atmosphérique.
- 100% de vide correspond au vide absolu.

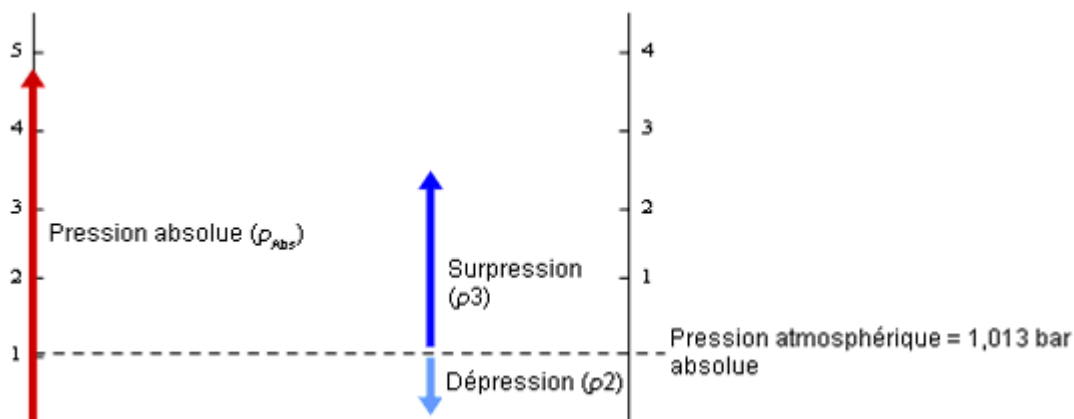


Fig. 1

Les tableaux de conversion

Il y a donc deux façons de présenter la dépression:
Comme unité de pression ou comme valeur de pourcentage
(Fig. 2).

Operating pressure [bar]	Vacuum [%]	Absolute pressure [bar]
6	-	7
5		6
4		5
3		4
2		3
1		2
0	0	1
-0.1	10	0.9
-0.2	20	0.8
-0.3	30	0.7
-0.4	40	0.6
-0.5	50	0.5
-0.6	60	0.4
-0.7	70	0.3
-0.8	80	0.2
-0.85	85	0.15
-0.9	90	0.1
-0.95	95	0.05
-1	100	0

Fig. 2

Il y a plusieurs unités utilisées pour indiquer la dépression au niveau national ou international. On peut retrouver ces différents termes et unités dans des tableaux de conversion (Fig. 3)

International vacuum/pressure conversion table

Unit	bar	N/cm ²	kPa	atm, kp/cm ²	m H ₂ O	torr, mm Hg	in Hg	psi
bar	1	10	100	1.0197	1.0197	750.06	29.54	14.5
N/cm ²	0.1	1	10	0.1019	0.1019	75.006	2.954	1.45
kPa	0.01	0.1	1	0.0102	0.0102	7.5006	0.2954	0.145
atm, kp/cm ²	0.9807	9.807	98.07	1	1	735.56	28.97	14.22
m H ₂ O	0.9807	9.807	98.07	1	1	735.56	28.97	14.22
torr, mm Hg	0.00133	0.01333	0.1333	0.00136	0.00136	1	0.0394	0.0193
in Hg	0.0338	0.3385	3.885	0.03446	0.03446	25.35	1	0.49
psi	0.0689	0.6896	6.896	0.0703	0.0703	51.68	2.035	1

International vacuum/pressure conversion table with absolute and relative value comparison

Relative vacuum	Residual pressure, absolute [bar]	Pressure, relative [bar]	N/cm ²	kPa	atm, kp/cm ²	m H ₂ O	torr, mm Hg	in Hg
10%	0.9	-0.101	-1.01	-10.1	-0.103	-0.103	-76	-3
20%	0.8	-0.203	-2.03	-20.3	-0.207	-0.207	-152	-6
30%	0.7	-0.304	-3.04	-30.4	-0.31	-0.31	-228	-9
40%	0.6	-0.405	-4.05	-40.5	-0.413	-0.413	-304	-12
50%	0.5	-0.507	-5.07	-50.7	-0.517	-0.517	-380	-15
60%	0.4	-0.608	-6.08	-60.8	-0.62	-0.62	-456	-18
70%	0.3	-0.709	-7.09	-70.9	-0.723	-0.723	-532	-21
80%	0.2	-0.811	-8.11	-81.1	-0.827	-0.827	-608	-24
90%	0.1	-0.912	-9.12	-91.2	-0.93	-0.93	-684	-27

Fig. 3

Que peut-on faire avec du vide ?

Nous allons l'expliquer brièvement à l'aide d'un exemple pratique.

Prenons un aspirateur. Il crée une pression plus basse que la pression atmosphérique à l'aide d'une pompe à vide, et de ce fait, les poussières et les particules de saleté sont mélangées à l'air ambiant et sont aspirées dans le sac. Si par exemple on bouche le

tuyau de l'aspirateur avec un carton, on remarque qu'une force d'aspiration se développe sur le carton et que celui-ci reste "collé" au tuyau d'aspirateur.

On peut décrire, de la même manière, le fonctionnement d'une ventouse. Ce n'est cependant pas la ventouse qui colle à la surface du matériau, mais la pression

environnante qui pousse la pièce contre la ventouse (Fig.4).

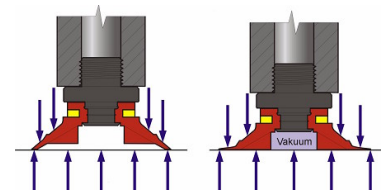


Fig. 4

Comment peut-on fabriquer du vide ?

La loi de Boyle et Mariotte nous apprend que la pression d'un gaz est proportionnellement inversée avec le volume du gaz.

(Nous supposons que nous avons à faire à un gaz idéal à température constante).

Cela nous donne la formule suivante :

$$p \times V = Cste$$

Ce qui veut dire que si on agrandi un volume, la pression va diminuer. Ce qui est illustré dans la figure 5.

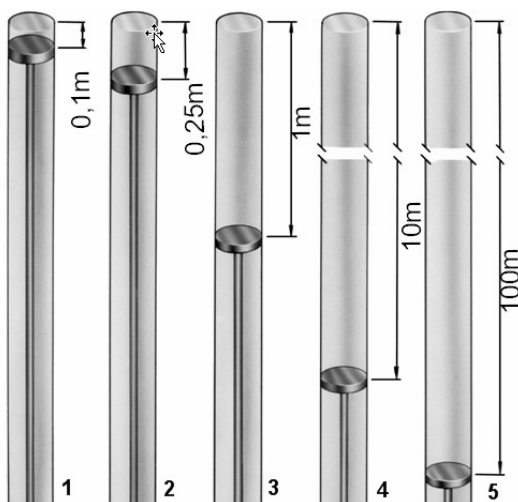


Fig. 5

Suivant la figure 5 et la formule $p \times V = Cste$ on peut déduire qu'à partir de la situation initiale (1) où le vérin est rempli à pression atmosphérique :

- pour atteindre 60% de vide, on n'a besoin que d'un déplacement d'aspiration de 25 cm. (2).
- pour atteindre 90% de vide, on a besoin d'un déplacement d'aspiration de 1 m (3).
- pour atteindre 99% de vide, on a besoin d'un déplacement d'aspiration de 10 m (4).
- pour atteindre 99,9% de vide, on a besoin d'un déplacement d'aspiration de 100 m (5).
- pour atteindre 100% de vide, on a besoin d'un déplacement d'aspiration infini. De ce fait, on ne peut jamais atteindre cette valeur

Consommation en énergie lors de la production du vide.

L'énergie, dont on a besoin pour atteindre la dépression souhaitée, est proportionnelle avec le déplacement du piston représenté dans la figure 5.

La figure 6 indique les besoins en énergie lors de l'accroissement de vide.

a = Vide en pourcentage

b = Facteur d'énergie

Etant donné que les besoins d'énergie augmentent à l'infini au fur et à mesure que l'on atteint 100% de vide, il est conseillé de choisir judicieusement le générateur ou pompe à vide en fonction de l'application. Il est préférable de surdimensionner l'application même en utilisant des ventouses plus grandes ou plus nombreuses que d'augmenter le vide pour atteindre la force d'aspiration souhaitée.

Dans l'automatisation pneumatique, on utilise seulement des valeurs entre 0% et 80% de vide. C'est pourquoi, dans ce dossier, nous allons nous limiter au traitement d'appareils qui peuvent produire jusqu'à 80% de vide.

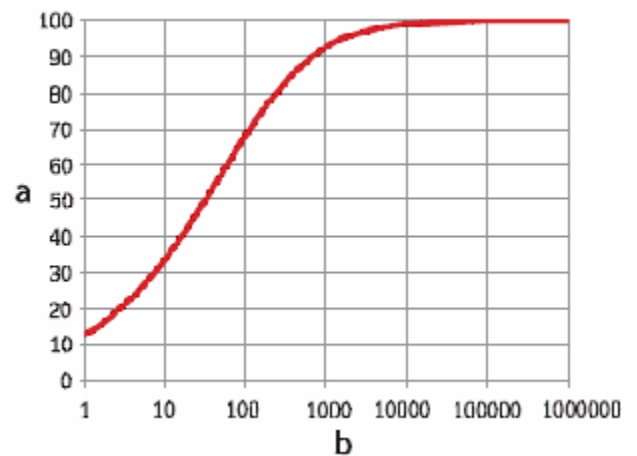


Fig. 6

La pompe à vide

Le vide peut être créé à l'aide d'une pompe à vide.

Le principe de fonctionnement d'une pompe à vide est comparable au principe de fonctionnement d'un compresseur où l'application n'est pas placée du côté de la pression mais du côté de la dépression.

Pour la production de vide, on trouve, comme pour les compresseurs, des pompes à vides à pistons, des pompes centrifuges, des turbines, etc. Les générateurs de vide sont principalement utilisés là où des débits d'aspiration élevés sont demandés.

Un exemple déjà cité, c'est l'aspirateur qui utilise une turbine afin de générer un débit d'aspiration élevé avec une petite dépression.

En fonction de la dépression demandée, on opte pour une pompe à vide à pistons pour le vide élevé (jusqu'à 99%) ou des turbines et pompes centrifuges pour le vide faible (jusqu'à 50%).

Le générateur 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
- Economique
- Conception compacte et faible poids
- Position de montage à la convenance de l'utilisateur

Dans ce dossier nous allons uniquement traiter les générateurs de vide pneumatique étant donné qu'ils sont les plus couramment utilisés dans l'automatisation pneumatique.

Les éjecteurs

Un générateur de vide pneumatique est toujours équipé d'un ou plusieurs éjecteurs.

L'éjecteur qui se trouve dans le générateur de vide, fonctionne selon le principe Venturi.

Dans ces éjecteurs (Fig. 7), une dépression est générée au raccord de vide (2), avec l'air comprimé qui coule de (1) vers (3).

En coupant l'air comprimé en (1), le processus d'aspiration est interrompu et le vide est annulé par l'air qui arrive par (3).

Nous distinguons les générateurs de vide avec un éjecteur à étage unique (Fig. 7) et les générateurs de vide avec des éjecteurs à plusieurs étages (Fig. 8). Générer le vide avec des éjecteurs à étage unique est simple et économique.

Les éjecteurs à plusieurs étages sont de fabrication plus coûteuse, plus grande et plus lourde, mais sont couramment montés là où des débits d'aspiration plus élevés sont nécessaires avec un vide jusqu'à 30%.

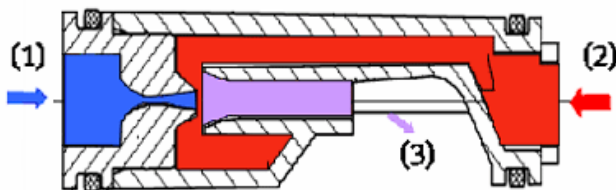


Fig. 7:

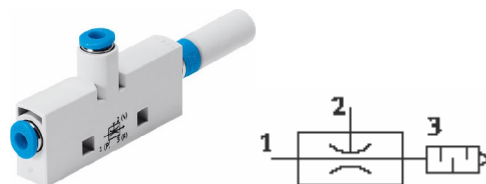
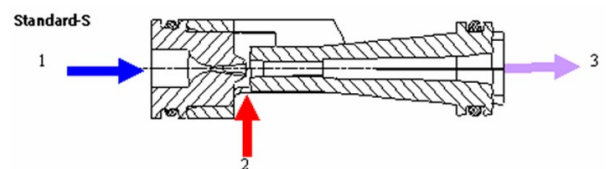


Fig. 8:

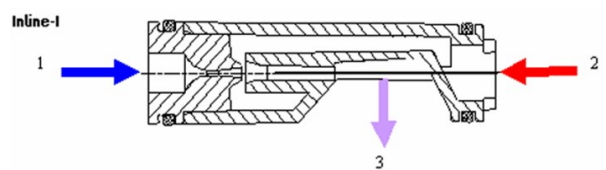
Le choix du générateur dépend de la prestation à effectuer. Il existe une offre très étendue dans laquelle tous les générateurs de vide sont basés sur le principe du venturi avec un passage nominal de 0,45 à 3mm.

Les générateurs de vide existent en deux différents principes de fonctionnement, le type "Standard" ou "Inline" (Fig. 9).

En fonction de l'application et de ses possibilités de montage, on opte pour l'un ou l'autre type.



Venturi avec éjecteur standard: Festo type VN-07-H-T3-PQ2-VQ2



Venturi avec éjecteur inline: Festo type VN-05-M-I3-PQ2-VQ2

Fig. 9

Nous allons nous limiter, dans ce dossier, au traitement de la production de vide au moyen de générateurs de vide avec un éjecteur à étage unique.

Le choix d'un venturi

Pour le choix d'un système de vide, trois paramètres sont très importants :

- la dépression demandée.
- le débit d'aspiration demandé.
- la consommation.

Tant la dépression que le débit d'aspiration qu'on obtient avec un éjecteur, dépend du type d'éjecteur utilisé et sa pression d'alimentation.

Nous devons essayer de maintenir la consommation la plus basse possible afin de minimaliser la consommation d'énergie.

Il est très important de choisir le bon générateur de vide avec son éjecteur adapté.

On peut subdiviser le vide en 3 différents niveaux de pression.

- le vide élevé
- le vide moyen
- le vide faible

Le vide faible

Dépression de 0,03 à 0,06 MPa (30 – 60% de vide)

Si on a besoin de vide faible, il vaut mieux utiliser un générateur de vide adapté qui livre une dépression plus basse, mais un débit d'aspiration plus élevé.

Ces générateurs de vide ont l'avantage d'être plutôt économiques par rapport à d'autres types.
(Facteur d'énergie 10 à 100 : voir tableau dans le chapitre " Consommation en énergie lors de la production du vide ")

Le vide faible sera surtout utilisé pour la manipulation de matériaux ayant une surface poreuse et/ou rugueuse.
(Par exemple: papier ou carton).

Les graphiques sur cette page donnent les trois facteurs les plus importants qui déterminent le choix d'un éjecteur.

Les graphiques donnent le comportement d'un générateur de vide pour vide faible avec un diamètre de passage du venturi de 0,7mm.
(Festo type VN-07-...)

- La figure 10 donne la dépression qui est développée en fonction de la pression d'alimentation.
- La figure 11 donne le débit d'aspiration du venturi en fonction de la pression d'alimentation.
- La figure 12 donne la consommation d'air de l'éjecteur en fonction de la pression d'alimentation.

On peut remarquer dans les graphiques, qu'avec une pression d'alimentation de 4 bar (0,4MPa) 40% de vide sera développé.

Le débit d'aspiration sous 4 bar (0,4MPa) est de 35 l/min et la consommation est d'environ 20 l/min.

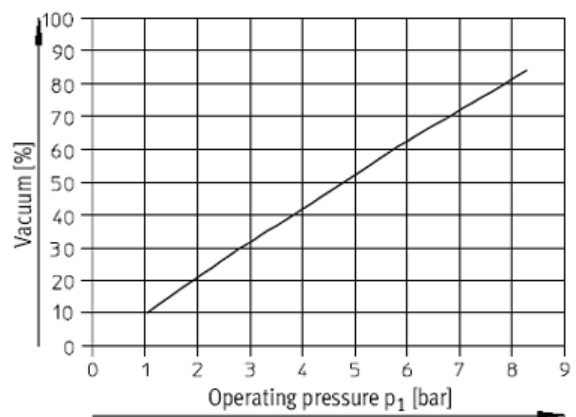
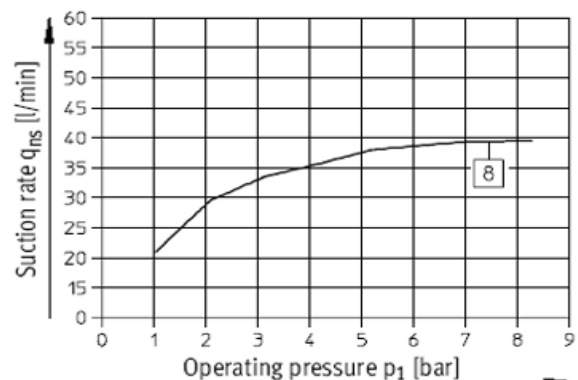


Fig. 10



8 VN-07-L-...

Fig. 11

Air consumption in relation to operating pressure

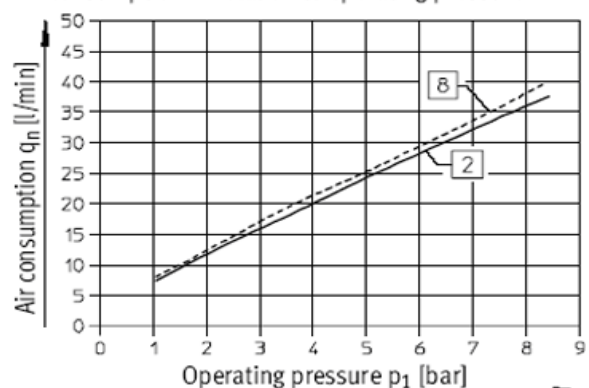


Fig. 12

Le vide moyen

Dépression de 0,06 à 0,09 MPa (60 – 90% de vide)

Pour le vide moyen, il vaut mieux utiliser un générateur de vide adapté qui livre une dépression plus élevée avec un débit d'aspiration moins important.

Ces générateurs de vide sont moins économiques que le type précédent.

(Facteur d'énergie 100 à 1000 : voir tableau dans le chapitre " Consommation en énergie lors de la production du vide ")

Le vide moyen sera surtout utilisé pour la manipulation de matériaux ayant une surface lisse et/ou non poreuse qui nécessitent un faible débit d'aspiration.

(Par exemple: verre ou métaux).

Les graphiques sur cette page donnent les trois facteurs les plus importants qui déterminent le choix d'un éjecteur.

Les graphiques donnent le comportement d'un générateur de vide pour vide moyen avec un diamètre de passage du venturi de 0,7mm.

(Festo type VN-07-...)

- La figure 13 donne la dépression qui est développée en fonction de la pression d'alimentation.
- La figure 14 donne le débit d'aspiration du venturi en fonction de la pression d'alimentation.
- La figure 15 donne la consommation d'air de l'éjecteur en fonction de la pression d'alimentation.

On peut remarquer dans les graphiques, qu'avec une pression d'alimentation de 4 bar (0,4MPa) 80% de vide seront développés.

Le débit d'aspiration est de 15 l/min pour un éjecteur standard (ligne 2) et de 13 l/min pour un éjecteur inline (ligne 6). La consommation est d'environ 20 l/min.

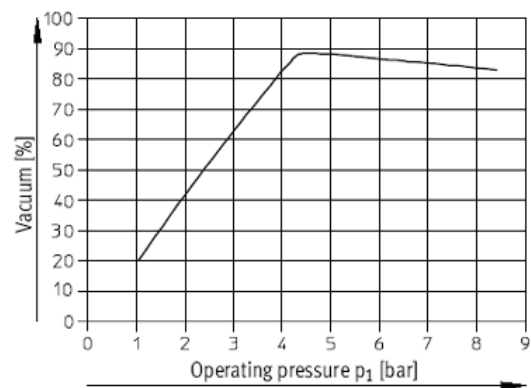
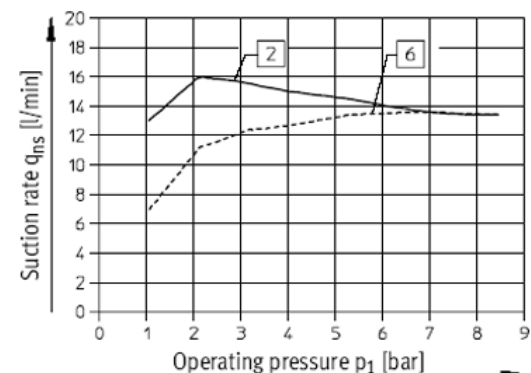


Fig. 13



2 VN-07-H...

6 VN-07-M...

Fig. 14

Air consumption in relation to operating pressure

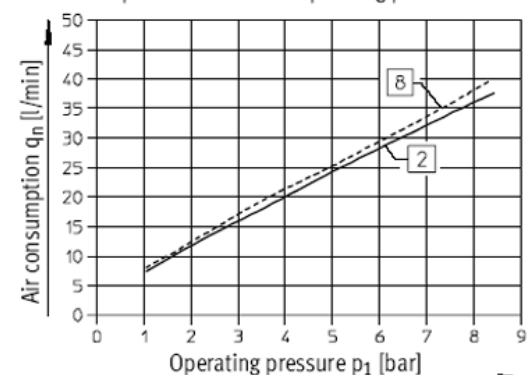


Fig. 15

Conclusion

Avec une pression d'alimentation de 0,4MPa, les deux types d'éjecteurs avec le même diamètre de passage du venturi consomment pratiquement la même énergie (20 l/min air comprimé).

Le générateur de vide pour le vide faible fournit 40% de vide avec un débit d'aspiration de 35 l/min et celui pour le vide moyen, 80% de vide avec un débit d'aspiration de 15 l/min.

D'autre part, on peut également déduire des graphiques que, si on laisse augmenter la pression d'alimentation, la dépression et le débit d'aspiration chutent mais la consommation d'air augmente.

Il est donc très important de régler correctement la pression d'alimentation des éjecteurs en fonction de l'application.

Le vide élevé

Dépression de 0,09 à 0,099 MPa (90 – 99% de vide)

Pour le vide élevé nous utilisons des pompes à vide appropriées.

Ces pompes à vide sont préconisées uniquement dans les systèmes sans fuites ou si un vide très élevé est explicitement souhaité.

(Facteur énergie 1000 à ∞ : voir tableau dans le chapitre " Consommation en énergie lors de la production du vide ")

Le vide élevé est principalement utilisé dans les applications de laboratoires, contrôle des tuyaux et réservoirs, l'industrie de l'aviation, etc.

Le vide élevé n'est pratiquement pas utilisé pour la manipulation de matériaux dans l'automatisation à cause de son coût élevé.

Dans l'ensemble on peut supposer: le vide élevé demande énormément d'énergie et on l'utilise uniquement si c'est vraiment nécessaire.

Pour cette raison nous n'allons pas traiter davantage le vide élevé dans ce dossier.

Types de générateurs de vide

Suivant le montage et les possibilités de raccordement, on peut choisir un générateur de vide adapté.

Générateur de vide standard

Les générateurs de vide standard (Fig. 16) sont très robustes et sont d'habitude montés dans l'armoire de commande ou sur la machine.

Ils sont disponibles tant pour les petits que pour les grands débits d'aspiration (jusqu'à 200 l/min).



Fig. 16: Générateur de vide standard Festo type VAD-M5

Générateur de vide Inline

Les générateurs de vide inline (Fig. 17) sont flexibles au montage et prennent peu de place.

Ces éjecteurs peuvent être directement montés dans les conduites, il en résulte une intégration flexible, simple et compacte du vide dans des applications automatisées.



Fig. 17

Les générateurs de vide intégrés

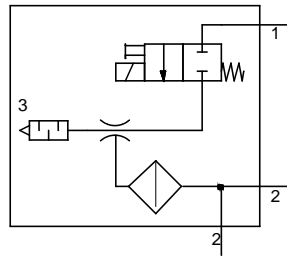
Les générateurs de vide intégrés offrent une solution compacte.

En fonction de l'application les distributeurs d'alimentation, les capteurs, les filtres et autres accessoires utiles sont intégrés dans l'unité, ce qui permet des frais de montage peu coûteux et une construction compacte.

La figure 18 montre quelques exemples de générateurs de vide intégrés.



Festo type VADM-95

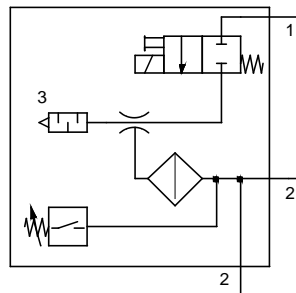


Générateur de vide équipé de:

- Electro-distributeur pour le venturi
- Filtre
- Silencieux



Festo type VADM-95-P

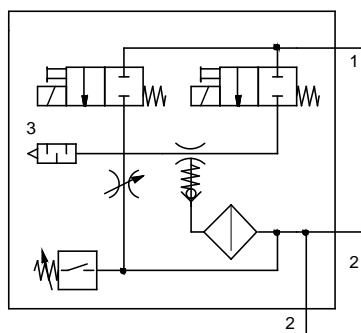


Générateur de vide équipé de:

- Electro-distributeur pour le venturi
- Filtre
- Silencieux
- Vacuostat



Festo type VADMi-95-LS-P



Générateur de vide équipé de:

- Electro-distributeur pour le venturi
- Distributeur permettant l'évacuation des pièces
- Etrangleur pour le réglage du débit d'évacuation
- Filtre
- Silencieux
- Vacuostat

Fig. 18

Les ventouses

Les applications les plus courantes pour le vide sont la préhension, le déplacement, la rotation et l'entreposage des objets. En principe, toutes les pièces ayant une surface suffisante peuvent être prises par le vide.

Les conditions suivantes sont pourtant à respecter:

- La surface de préhension doit être plane. Il est cependant encore possible de saisir des surfaces légèrement cintrées.
- La surface de la pièce ne doit pas être trop rugueuse et perméable à l'air.
- La force de préhension ne peut pas dépasser 7 N/ cm^2 .

La prise des objets se fait au moyen de ventouses, également nommées des préhenseurs.

Principe de fonctionnement d'une ventouse

Lors de l'évacuation de l'air de la ventouse, il se produit une différence de pression par rapport à l'air atmosphérique.

La pression atmosphérique étant plus élevée, elle plaque la pièce contre la ventouse (Fig. 19).

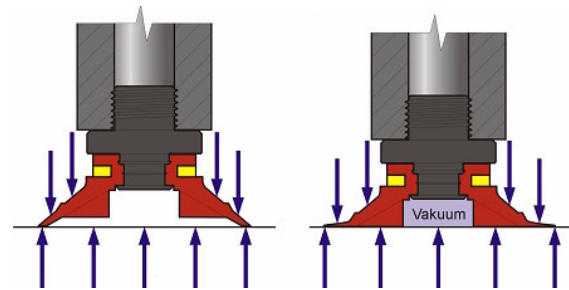


Fig. 19

Critères de sélection pour les ventouses

Pour le choix d'une ventouse, il ne suffit pas seulement de connaître la masse de l'objet à saisir par la ventouse, des autres facteurs sont également à prendre en considération.

Dans ce chapitre on traitera les critères de sélection qui nous permettront de choisir la bonne ventouse

Choix des matériaux pour les ventouses

Les ventouses sont disponibles en différents matériaux. Le choix du matériau dépend de l'application. La figure 20 est une aide qui permet de choisir le bon matériau en fonction de l'application.

	Perbunan	Polyuréthane	Silicone	Viton	Perbunan (antistatique)
Symbole	N	U	S	F	NA
Code couleur	noir	bleu	blanc transparent	gris	noir/ point blanc
transparent	••	•••	•••	•••	•••
Domaines d'utilisation					
Denrées alimentaires			•		
Pièces à usiner huileuses	•	•		•	•
Températures ambiantes élevées			•	•	
Températures ambiantes basses		•	•		
Surfaces rugueuses		•			
Antistatique					•
Faible empreinte				•	•
Résistance					
Intempéries	••	•••	•••	•••	••
Ozone	•	•••	•••	•••	•
Huile	•••	•••	•	•••	•••
Carburant	••	••	•	•••	••
Solvants	••	•	••	•••	••
Acides dilués	•	•	•	•••	•
Alcool	•••	•••	•••	••	••
Température [°C]	-10 à 70	-20 à 60	-30 à 180	-10 à 200	-10 à 70
Dureté shore A [°]	50 ±5	60 ±5	50 ±5	60 ±5	50 ±5

case vide : inadapté, • adapté, •• bien adapté, ••• parfaitement adapté

Fig. 20

La forme de la ventouse

Une forme optimale de la ventouse garantit une force d'aspiration élevée en dépit des petites dimensions. C'est pourquoi le choix d'une bonne forme est très important pour ta ventouse.

En fonction de l'application, on choisit plutôt une des formes de construction suivantes (Fig. 21):



- Ventouse standard pour saisir des surfaces planes ou légèrement ondulées, telles que les tôles métalliques ou les cartonnages.
- Ventouse extra creuse pour saisir les pièces rondes ou très bombées.
- Ventouse à soufflet pour saisir les surfaces obliques, bombées, rondes, pièces couvrant une surface importante et déformable ou pièces fragiles comme les bouteilles en verre. En outre, cette forme de construction offre un compensateur de hauteur avantageux.
- Ventouse ovale pour saisir les pièces étroites et allongées, telles que les profilés et les tubes.

Fig. 21

La figure 22 illustre ceci à l'aide de quelques exemples.

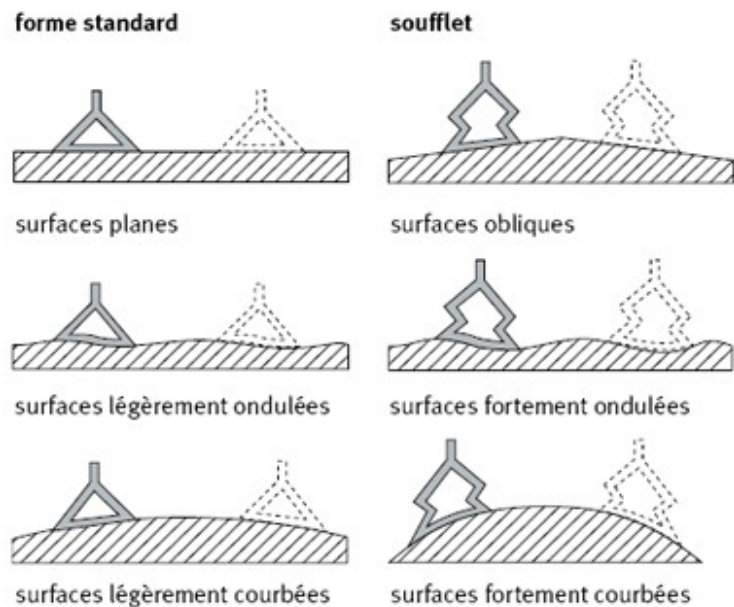


Fig. 22

La force d'aspiration nécessaire pour des objets statiques placés à l'horizontal

Différentes forces peuvent agir sur une ventouse. La plus simple est celle qui est exercée par un objet statique placé à l'horizontal.

Nous pouvons calculer cette force avec la formule

$$F = p \cdot A$$

Soit:

F = la force exprimée en N (kgf)

p = la pression exprimée en Pa (bar)

A = la surface exprimée en m² (cm²)

Une manière plus rapide pour déterminer la force d'aspiration d'une ventouse est l'utilisation de graphiques qui donnent la force d'aspiration théorique d'une ventouse en fonction du diamètre de la ventouse et la dépression.

Dans la figure 23 nous pouvons lire qu'une ventouse avec un diamètre de 40mm (-40-1/4), alimentée par une dépression de service de -0,06MPa (-0,6 bar) donne une force d'aspiration théorique de 50N. Une ventouse avec diamètre 55mm (-55-1/4), alimentée avec la même dépression donne une force d'aspiration théorique de 100N.

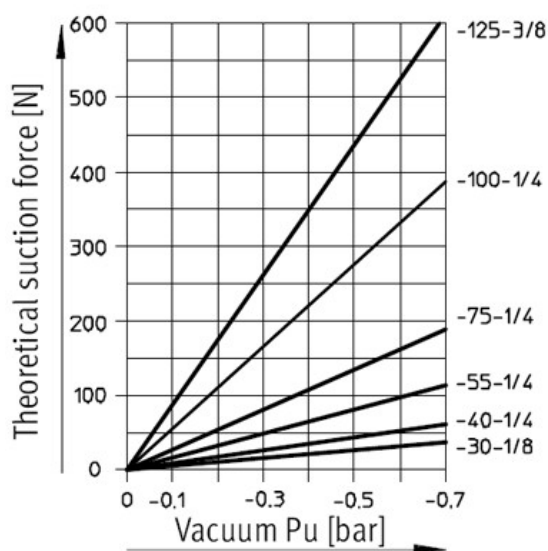


Fig. 23

Suppose qu'on veuille maintenir une masse de 4 kg à l'aide d'une ventouse, on a théoriquement besoin pour cela d'une force d'aspiration d'environ 40N. Dans l'exemple, selon le graphique, la ventouse avec un diamètre de 40mm suffit pour l'application, parce qu'elle développe une force d'aspiration théorique de 50N.

Cette force d'aspiration sera cependant insuffisante pour venir à bout du travail de manière sûre à cause de plusieurs problèmes qui pourraient se présenter :

- Des chutes de pression peuvent se présenter à la pression d'alimentation de l'éjecteur avec pour conséquence la diminution de la dépression.
- Des raccords mal serrés peuvent laisser échapper du vide avec pour conséquence la diminution de la dépression.
- Si l'objet à saisir n'est pas complètement étanche à l'air, du vide peut s'échapper de ce fait et avoir pour conséquence une diminution de la dépression.

Pour ces raisons on conseille de tenir compte d'un facteur de sécurité minimum de 1,5. Cela signifie que, dans l'exemple mentionné, on choisit une ventouse qui a, minimum, une force d'aspiration théorique de 40N x 1,5 = 60N.

Cela veut dire qu'on choisit, dans notre exemple, la ventouse avec diamètre 55 mm (force d'aspiration théorique = 100N).

Attention:

Lors de surfaces très perméables à l'air, on devra choisir soit un venturi avec un plus grand débit d'aspiration, car celui-ci compense mieux les pertes de vide, soit utiliser un plus grand facteur de sécurité lors du dimensionnement de ta ventouse.

La force d'aspiration nécessaire pour des objets dynamiques

Lors de déplacements d'objets par les ventouses il est nécessaire de tenir compte des forces d'accélération et de décélération qui peuvent intervenir.

Une force d'accélération verticale peut survenir (Fig. 24 du haut ou milieu) ou une force d'accélération horizontale (Fig. 24 du bas).

Il est également important de faire la différence entre une force qui agit d'aplomb sur une surface de ventouse (Fig. 24 du haut) ou une force qui agit en parallèle sur la surface de la ventouse (Fig. 24 milieu ou du bas). Si la force agit en parallèle sur la surface, il faut tenir compte du coefficient de frottement μ .

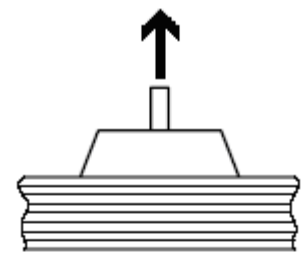
Le coefficient de frottement se rapporte au matériau à déplacer. On trouvera plus loin un certain nombre de coefficients de frottement pour quelques matériaux typiques :

- métal, aluminium, verre (sec): $\mu = 0,5$.
- métal, aluminium, verre (humide et huileux): $\mu = 0,05$ à $0,3$.
- papier et bois: $\mu = 0,3$ à $0,7$.

En fonction de l'application, on peut calculer la force à laquelle la ventouse sera soumise à l'aide de l'une des trois formules reprises dans la figure 24.

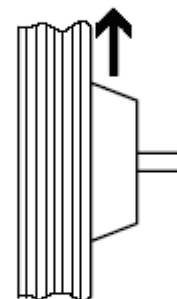
F_H = la force de maintien théorique à la ventouse (N)
 m = la masse de l'objet (kg)
 g = l'accélération de la pesanteur (m/s^2)
 a = l'accélération de l'objet (m/s^2)
 μ = le coefficient de frottement
 S = facteur de sécurité, minimum 1,5 pour des matériaux non poreux. Pour des matériaux poreux, le facteur 2 ou plus élevé est à conseiller.

Une fois qu'on a calculé la force F_H , on peut déterminer le diamètre de ventouse à l'aide du graphique qui a déjà été traité pour les objets statiques placés à l'horizontal (Fig. 23). On ne doit plus tenir compte des facteurs de sécurité complémentaires, car ils sont déjà traités dans les formules reprises dans la figure 24.



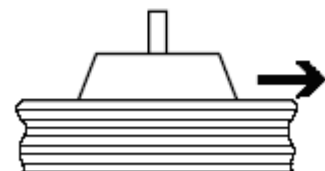
Lors d'une accélération de force verticale d'aplomb sur la surface de la ventouse.

$$F_H = m \times (g + a) \times S$$



Lors d'une accélération de force verticale en parallèle sur la surface de la ventouse.

$$F_H = (m/\mu) \times (g + a) \times S$$



Lors d'une accélération de force horizontale en parallèle sur une surface de ventouse.

$$F_H = m \times (g + a/\mu) \times S$$

Fig. 24

Entre venturi et ventouse

Entre le générateur de vide et le préhenseur, nous plaçons, en fonction de l'application, encore un certain nombre d'appareils complémentaires.

Nous allons voir cela de plus près dans ce chapitre.

Détection du vide

Si on veut être sûr que les objets sont solidement saisis par les ventouses, il est nécessaire de mesurer et de surveiller le vide à la ventouse.

Des capteurs de pression mécaniques et électroniques surveillent la dépression adéquate et donnent à l'API l'information nécessaire pour piloter la machine.

Il y a plusieurs types de détecteurs pour le vide.

- Le commutateur de vide

Dans ces composants un contact électrique est activé lors de l'obtention d'une certaine dépression. La pression à laquelle le contact va commuter peut, selon le type de commutateur, être réglé ou pas.

Les commutateurs de vide avec point de commutation fixe (Fig. 25) sont de construction simple et sont assez avantageux. Ils commutent cependant avec une dépression fixe située le plus souvent autour de 25 % de vide, ce qui rend ces capteurs inadéquats pour la plupart des applications où des dépressions bien plus élevées doivent être contrôlées.

La plupart des commutateurs utilisés ont un point de commutation réglable (Fig. 26), ce qui les rend plus adaptés pour la plupart des applications.

Avec ces commutateurs de vide on peut régler le seuil de dépression qui garantit la prise des matériaux en pleine sécurité.

L'avantage de ces commutateurs de vide est qu'ils conviennent le plus souvent tant pour les courants AC et DC et sont utilisables pour les tensions d'alimentation de 24V à 220V.

Ces commutateurs de vide admettent des valeurs de courant plus importantes que les capteurs de vide électroniques.

Le grand désavantage de ces commutateurs de vide est qu'ils ne sont pas protégés contre les courts-circuits et en cas de surcharge subissent, dans de nombreux cas, des dégâts irréparables.



Fig. 25: commutateur de vide Festo type VPE-1/8-2N-SW



Fig. 26: commutateur de vide Festo type VPEV-1/8-M12

- Le capteur de vide

Ces capteurs sont plus compacts que les commutateurs de vide et en outre sont protégés contre les courts-circuits.

Nous trouvons des capteurs de vide qui offrent les avantages suivants selon le type :

- Introduction d'un seuil de détection via bouton (méthode teach-in) au lieu d'un réglage compliqué par vis de réglage.
- Introduction de différents seuils de détection.
- réglage d'hystérésis sur les seuils de détection.
- la possibilité de monter le capteur directement dans le tuyau ou le venturi (Fig. 27).
- un display LCD qui permet une lecture de toutes les valeurs utiles et en outre offre la possibilité de régler le capteur manuellement d'une manière simplifiée (Fig. 28).



Fig. 27: capteur de vide Festo type SDE5-V1-...monté sur un venturi de type Inline



Fig. 28: capteur de vide Festo type SDE1-V1-G2-...

Le désavantage de ces capteurs de pression par rapport aux commutateurs de pression traditionnels, est qu'ils sont uniquement disponibles pour des tensions d'alimentation de 24VDC.

Le courant maximum de sortie est généralement limité de 100 à 200 mA, ce qui rend le capteur uniquement utilisable dans le circuit de commande.

Rendre le vide visible

L'appareil le plus simple pour la surveillance visuelle et le réglage des appareils est le vacuomètre (Fig.29). Celui-ci est généralement étalonné de 0 - -1 bar.

L'utilisation de capteurs de vide avec display LCD intégré est une autre manière de rendre le vide visible (Fig. 28).



Fig. 29: Vacuomètre Festo type VAM-63-V1/0-R1/4-EN

Le Filtre

Il faut tâcher que les impuretés aspirées n'arrivent pas dans l'éjecteur.

Un filtre (Fig. 29) n'est donc pas superflu pour saisir la saleté qui est transportée vers le venturi. Quand on utilise des filtres il faut tenir compte du fait que les filtres de vide sales sont la conséquence d'une diminution non souhaitée de la dépression aux ventouses. Il est donc conseillé de changer le filtre à temps.



Fig. 29: Filtre pour vide
Festo type VAF-PK...

Si on utilise des filtres en combinaison avec des capteurs de vide, il est conseillé de placer le capteur entre le filtre et la ventouse (Fig. 30).

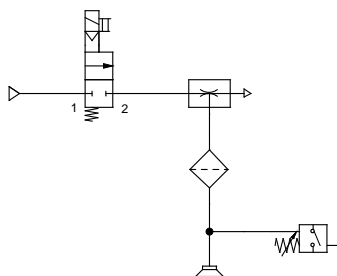


Fig. 30

Si on place un capteur de vide entre le filtre et le venturi (Fig. 31), le capteur peut commuter lors d'une dépression insuffisante à la ventouse due à un filtre sale.

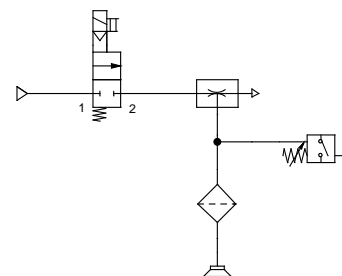


Fig. 31

Le compensateur de hauteur

Le compensateur de hauteur (Fig. 32) évite que les ventouses ne soient poussées contre la pièce avec une trop grande force mécanique. De ce fait, on évite l'usure prématurée de la ventouse.



Fig. 32: Ventouse modulaire munie d'un compensateur de hauteur
Festo type ESG-20

Le limiteur de fuite pour vide

Le limiteur de fuite de vide permet de diminuer les fuites de vide qui sont la conséquence d'une ventouse mal étanchée.

Le limiteur de fuite de vide est composé d'un clapet anti-retour qui est maintenu ouvert par un ressort et d'un étrangleur fixe (Fig. 33).

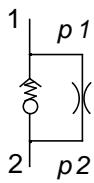


Fig. 33

Le venturi est raccordé au raccord 1, la ventouse au raccord 2.

Si la chute de pression ($p_2 - p_1$) est faible, le clapet anti-retour sera maintenu ouvert par la force du ressort.

Si la chute de pression devient trop importante sur le distributeur à cause d'une ventouse non étanche ou mal obturée, le clapet fermera et uniquement une petite fuite de vide se produira par l'étrangleur.

De ce fait la fuite de vide à la ventouse est limitée.

L'utilisation de ce distributeur, permet de toujours garder du vide sur des ventouses placées en parallèle, même si une des ventouses n'est pas obturée.

Les figures 34 et 35 représentent deux applications ou 1 venturi alimente 2 ventouses.

Dans le schéma représenté par la figure 34 il n'y a qu'une seule pièce présente. Dans cet exemple, la pièce ne pourra pas être aspirée du fait de la fuite de vide qui est provoquée à la ventouse droite.

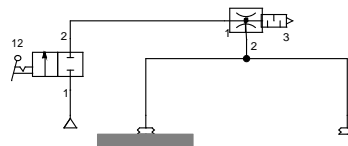


Fig. 34

Dans le schéma représenté par la figure 35, les 2 ventouses sont équipées d'un limiteur de fuite, la chute de pression $p_3 - p_1$ (p_3 est environ égal à la pression atmosphérique) permettra la fermeture du clapet anti-retour droit, ce qui limitera la perte de vide et la dépression p_1 peut rester suffisamment élevée pour soulever la pièce.

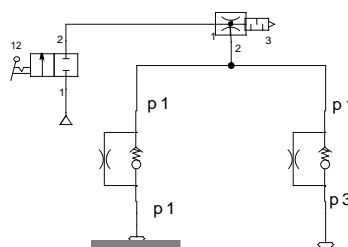


Fig. 35

Utilisation de limiteurs de fuites en combinaison avec des capteurs de vide:

Si on place le capteur de vide entre le limiteur de vide et le venturi (Fig. 36), le capteur commutera également lorsqu'il n'y a pas de pièces présentes.

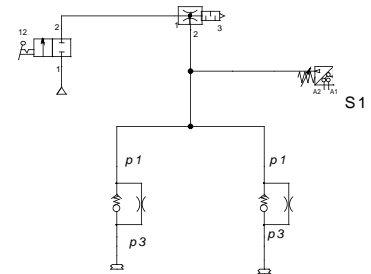


Fig. 36

Si les capteurs ne peuvent commuter que lorsque les pièces sont bien saisies, on doit les placer entre les limiteurs de vide et les ventouses. Le désavantage est cependant qu'il faut prévoir un capteur par ventouse (Fig. 37)

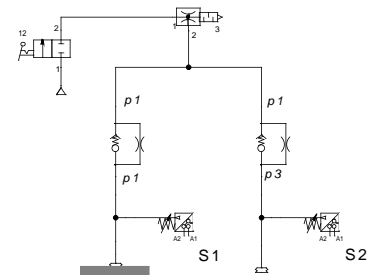


Fig. 37

Distributeurs pour le vide

Dans certains cas, un seul venturi ou une pompe à vide alimente plusieurs ventouses (Fig. 38) et il faut des distributeurs pour isoler le vide d'un certain nombre de ces ventouses.

Dans l'exemple ci-dessous, la ventouse 1 doit être pourvue de vide indépendamment de la ventouse 2. Cela peut se faire simplement en utilisant des distributeurs qui coupent le vide (distributeurs 2/2- ou 3/2).

En choisissant les distributeurs il faut s'assurer qu'ils sont compatibles avec les applications de vide. La plage de pression de travail du distributeur doit autoriser des pressions négatives.

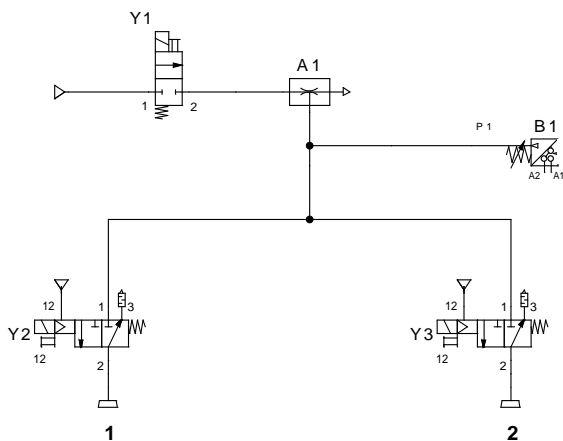


Fig. 38

S'ils sont utilisés pour des applications de vide, les distributeurs électropneumatiques à commande indirecte (voir également dossier « Electrodistributeurs ») doivent être pourvus d'un raccord d'alimentation séparé pour la pression de pilotage de commande.

Le vide sera raccordé au raccord 1 (Fig. 39), une surpression suffisante pour faire commuter le distributeur doit être raccordé à l'entrée 12.

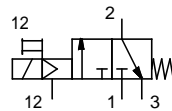
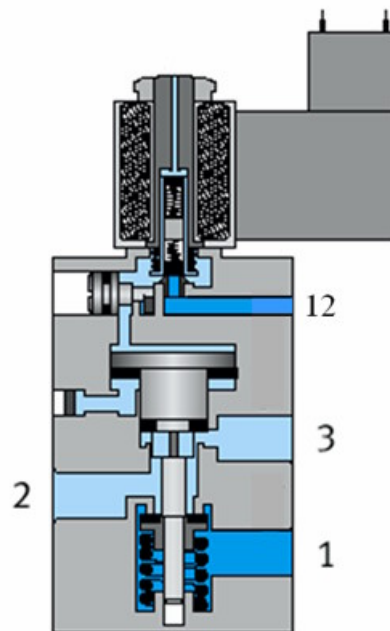


Fig. 39

Le vide et la consommation d'énergie

Pour susciter le vide dans les venturis, un débit d'air est nécessaire et donc de l'énergie. L'énergie signifie des coûts.

Pour limiter les coûts, nous devons essayer d'optimiser deux aspects lors de l'utilisation de générateurs de vide :

- Placer le générateur de vide le plus près possible de la ventouse.
- Réduire le temps nécessaire pour générer le vide au minimum, éventuellement en appliquant une fonction d'économie d'énergie.

Pour la création du vide d'air entre la ventouse et la pièce toute la quantité d'énergie est nécessaire. Le déroulement de la mise sous dépression est représenté par la ligne oblique représentée dans la figure 40

Il ne peut être question d'économie d'énergie pendant cette phase.

C'est seulement pendant le transport de la pièce de A vers B qu'une économie est réalisable en coupant l'alimentation du générateur de vide. La condition liée à ceci, est que le vide d'air soit maintenu dans la ventouse.

Montage sans fonction d'économie d'énergie

Dans un montage traditionnel (Fig. 41) le générateur de vide doit être pourvu d'énergie si longtemps que l'on veut maintenir la pièce aspirée.

Dès que l'alimentation du venturi est coupé le vide qui c'est formé entre la ventouse et le venturi sera compensé par l'air atmosphérique qui rentrera par l'orifice d'échappement du venturi.

Si la pièce doit être maintenue longtemps cela nécessitera beaucoup d'énergie.

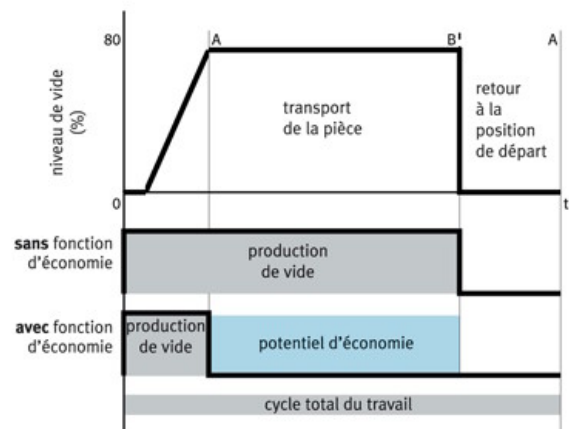


Diagramme 1 : dégradation du vide d'air et cycle de transport dans le cas idéal.

Fig. 40

La surface représentée en bleu claire nous donne l'économie d'énergie qui peut être atteinte lorsque le vide est seulement créé pendant la constitution de la dépression.

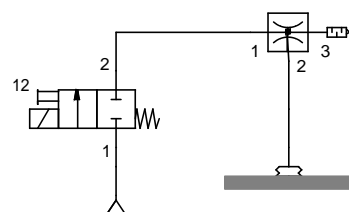


Fig. 41

Montage avec fonction d'économie d'énergie

Que devons-nous prévoir pour intégrer une fonction d'économie d'énergie?

- Un clapet anti-retour, qui maintient le vide généré.
- Un capteur de pression qui contrôle le vide continuellement
- Un distributeur complémentaire, pour évacuer la pièce

La figure 42 représente un montage avec fonction d'économie d'énergie.

Le distributeur (1) commande le vide.

Dès que le capteur (3) capte suffisamment de dépression, le distributeur (1) peut être désactivé.

Le clapet anti-retour (2) maintient le vide à la ventouse.

Si on veut lâcher la pièce on donne une impulsion de commande sur le distributeur (4).

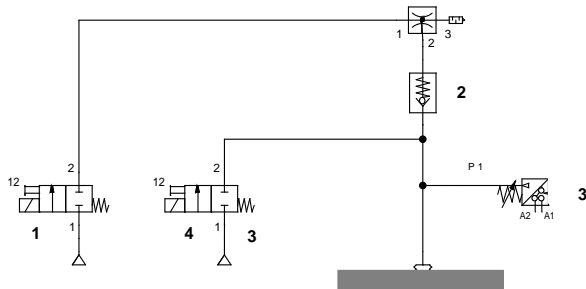


Fig.-42

Dans la pratique, la production de vide ne se passe pas exactement comme représenté sur la figure 40. Des fuites aux raccords ou des irrégularités au niveau de la pièce peuvent faire baisser la dépression au niveau de la ventouse.

Il suffit de démarrer la production de vide lorsque le niveau de dépression atteint un minimum défini. Il est donc conseillé d'utiliser un capteur de pression (3) avec 2 seuils de commutation ou en utilisant un capteur avec 1 seuil de commutation avec hystérésis.

Le signal du capteur déterminera quand le vide peut être désactivé et réactivé.

La génération du vide se fera alors comme représenté dans la figure 43.

La surface représentée en bleu claire nous donne l'économie d'énergie qui peut être atteinte avec tel type de montage.

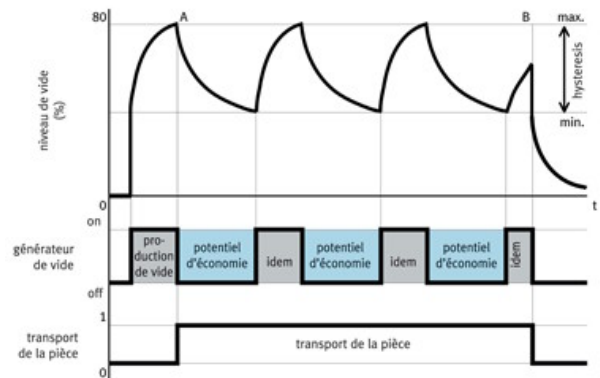


Diagramme 2 : potentiel d'économie (bleu) avec capteur de pression externe via le générateur de vide

Fig.-43

Fonction d'économie d'énergie avec des générateurs de vide adaptés

Ces générateurs (Fig. 44) sont pourvus d'un capteur de pression intégré (B1) avec réglage d'hystérésis. On règle le capteur de pression de façon à ce que le capteur donne un signal de sortie quand la dépression correspond à une plage de travail conseillé pour la manipulation sûre des pièces. La dépression maximale est réglée en réglant le point de commutation, la dépression minimale en réglant l'hystérésis.

La bobine Y1 est activée pour obtenir le vide et est désactivée lorsque la dépression maximale est obtenue. Le clapet anti-retour Z2, empêche une perte de vide rapide. Si la dépression descend, à cause de fuites, sous la pression minimum choisie, la bobine est à nouveau activée.

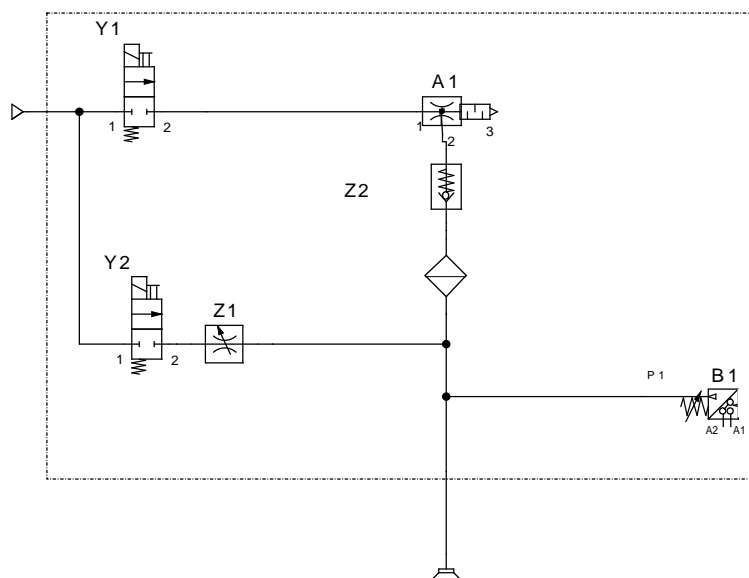
La commande de la bobine doit être commandée par un API.

La bobine Y2 est pilotée lorsque les pièces à usiner doivent être évacuées.

L'étrangleur Z1 autorise le réglage du débit nécessaire pour l'évacuation des pièces.



Fig.-44
Festo type VADMi-95-LS-P



Economiser l'énergie en décentralisant la production de vide

On peut également réduire la quantité d'air utilisée en réduisant la quantité de vide à produire. Plus la distance entre le générateur et le consommateur est longue, plus la consommation d'énergie est élevée. La solution est à portée de main : générer le vide le plus près possible du consommateur. La situation idéale est celle où on connecte le générateur de vide directement au préhenseur. On évite ainsi de nombreux tuyaux et la consommation d'énergie baisse.