

## Systeme de vide

# Pour réduire l'empreinte carbone

La majeure partie des chercheurs considèrent que le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) constitue le principal danger écologique actuel. L'augmentation des niveaux de gaz carbonique dans l'atmosphère conduit au réchauffement climatique qui, à long terme, risque de compromettre notre avenir sur cette planète. En vue de réduire l'utilisation des combustibles fossiles, principale cause de l'augmentation des niveaux de gaz carbonique dans l'air, les gouvernements du monde entier continuent de proposer des lois de plus en plus strictes adressées aux particuliers, aux entreprises de services et à l'industrie en général, avec pour objectif de réduire l'empreinte carbone. Par exemple, en diminuant en permanence les niveaux d'émission admissibles, tout en augmentant chaque année les impôts sur les émissions de CO<sub>2</sub>.

► « Dans cet article, nous vous proposons de regarder de plus près les solutions susceptibles de réduire considérablement la consommation d'énergie et, dans une grande partie des cas, de réduire l'empreinte carbone des usines de fabrication dans un monde où l'énergie électrique est essentiellement produite par des centrales alimentées au gaz, au pétrole et au charbon. Nous nous pencherons sur les secteurs utilisant des systèmes de manipulation du matériau par le vide, en nous intéressant exclusivement aux systèmes conçus pour les matériaux étanches ou non poreux, tels que la tôle, le plastique et le verre. En réalité, la solution est simple : il suffit d'appliquer aux systèmes de manipulation par le vide, les dernières technologies de vide disponibles. Nous reviendrons sur la question plus bas dans cet article.

### CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub>

Actuellement, la technique de vide la plus répandue pour manutentionner des matériaux étanches consiste à utiliser des éjecteurs à vide pneumatiques. Le système de manipulation est souvent constitué d'un robot muni de différents dispositifs de levage par le vide et de ventouses. Il existe également un grand nombre de dispositifs manuels de manipulation par le vide conçus pour les objets étanches, ainsi que des machines de production spécifiques intégrant des systèmes de manipulation par le vide. C'est le cas par exemple des presses d'emboutissage pour tôle, des découpeuses laser et hydrauliques et des machines de travail du verre et du bois. La consommation d'énergie de ce type de systèmes de manipulation par le vide est définie par

« La solution est simple : il suffit d'appliquer aux systèmes de manipulation par le vide, les dernières technologies de vide disponibles »

la quantité d'air comprimé que consomme l'éjecteur pour fabriquer du vide et à laquelle il faut souvent rajouter la quantité d'air comprimé nécessaire au dispositif de contre soufflage pour permettre de relâcher la pièce suffisamment rapidement.

La quantité d'air comprimé consommée par un éjecteur pour créer du vide dépend du nombre de rangées de buses, du plus petit diamètre de la (première) buse de l'éjecteur et de la pression d'alimentation d'air comprimé. La formule complète de calcul théorique de la consommation d'air pour chaque buse d'éjecteur est présentée dans le tableau 1.

La consommation d'air spécifiée pour un éjecteur diffère souvent de la valeur théorique. Toutefois, la consommation réelle doit rester très proche de

Débit volumique (Nl/s) = débit massique / ( $\varphi_{\text{air}} * 1000$ )  
 Débit massique (kg/s) =  $A * \varphi * \sqrt{P2 / (R * T)}$

où :

$\varphi_{\text{air}}$  = densité de l'air à la pression atmosphérique =  $101325 * / (R * T)$

A = Surface de la buse de l'éjecteur de plus petit diamètre

$\varphi$  = 0,6847 = « coefficient de débit » de l'air, utilisé lorsque la pression de l'air comprimé est supérieur de environ 2,1 bars à la pression atmosphérique.

P = pression abs. (Pascal) d'air comprimé, zéro correspondant au vide abs. (6 bars = 701325 Pa).

R = constante des gaz pour l'air = 287 (J/kg K)

T = température de l'air (° K = Kelvin)

\* Pression atmosphérique normale (Pa) au niveau de la mer.

Tableau 1

la valeur théorique (une petite différence en pourcentage est raisonnable). Le tableau 2 illustre les valeurs de consommation théoriques de buses classiques de différents diamètres à différentes pressions d'alimentation.

Les calculs sont donnés pour à une température de 10 degrés Celsius (283,16 degrés Kelvin).

#### **CONTRE-SOUFFLAGE**

L'autre élément mangeur d'énergie, souvent oublié, des

systèmes de manipulation par le vide conçus pour les matériaux étanches est la fonction de contre-soufflage, utilisée pour la libération rapide de l'objet. La quantité d'air consommée pendant le processus de contre-

« Un élément mangeur d'énergie, souvent oublié, des systèmes de manipulation par le vide conçus pour les matériaux étanches est la fonction de contre-soufflage »

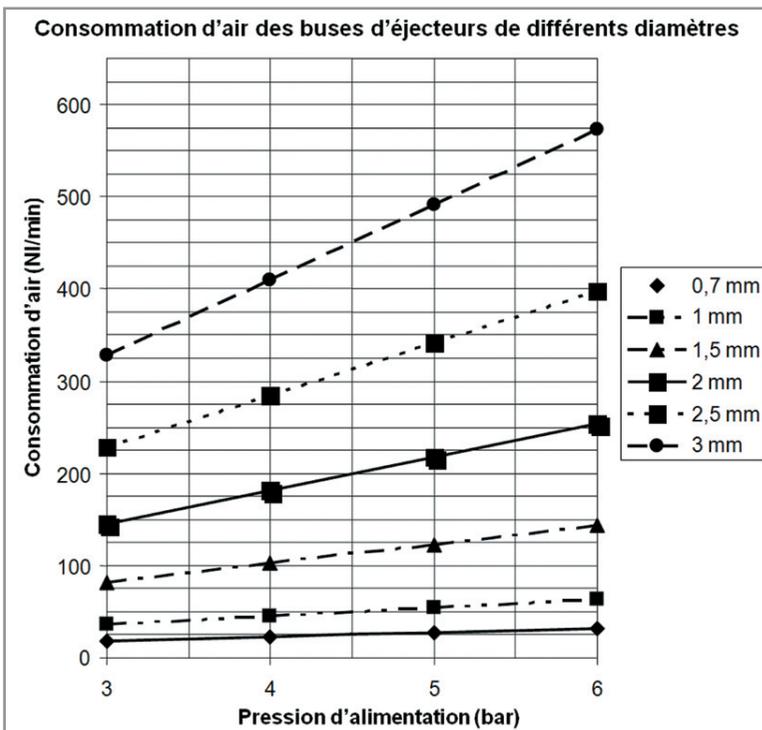


Tableau 2

Gaz :	0,2 kg CO <sub>2</sub> /kWh
Pétrole :	0,27 kg CO <sub>2</sub> /kWh
Charbon :	0,33 kg CO <sub>2</sub> /kWh
Nucléaire, éolienne, hydraulique :	0,0007 kg CO <sub>2</sub> /kWh

Tableau 3

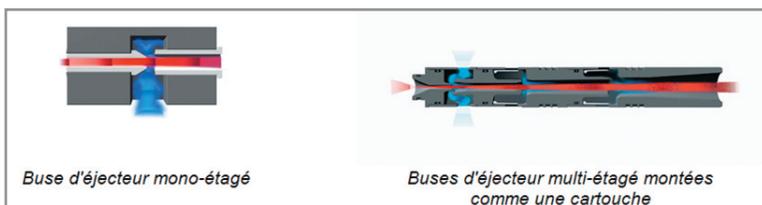


Figure 1

soufflage est déterminée par le débit de la vanne qui contrôle la fonction, et la pression utilisée. Dans le cas d'un éjecteur de grande taille centralisé (avec plusieurs ventouses raccordées à une même source), les niveaux de débit doivent être très élevés pour permettre la libération des ventouses distantes. Dans ce cas de figure, les niveaux de débit de l'ordre de 200 à 500 NI/min entre 4 et 6 bar sont de norme.

Dans le cas d'un système décentralisé comprenant un petit éjecteur à chaque point de succion, la fonction de relâchement résulte généralement par l'obstruction de l'échappement. L'air en circulation dans l'éjecteur est poussé dans la

**« Le rendement de l'éjecteur constitue un paramètre important à prendre en compte dans la minimisation de la consommation d'énergie/d'air »**

ventouse. Par conséquent, la consommation d'air est égale ou légèrement supérieure à la quantité d'air consommée pour produire le vide. Une solution alternative consiste à installer une petite vanne de retenue sur un système décentralisé, ce qui permet généralement de produire un débit de l'ordre de 100 à 200 NI/min entre 4 et 6 bar. En vue de calculer la quantité d'énergie consommée, il importe de connaître le rendement du compresseur. Un compresseur de taille normale, capable de produire une pression de 7 à 10 bar, consomme 6 à 10 kW par mètre cube d'air produit, en fonction de sa taille et de son rendement. Pour calculer la quantité totale d'air consommé à l'année par un éjecteur particulier, il suffit d'additionner l'air consommé pour la production de vide et l'air consommé pour le contre-soufflage au cours de chaque cycle, puis de multiplier la somme par le nombre de cycles par an. Une solution encore plus efficace consiste à mesurer la consommation d'air à l'aide d'un débitmètre au cours de plusieurs cycles.

Il est raisonnable d'estimer que les émissions de CO<sub>2</sub> par kWh d'électricité produite correspondent aux résultats suivants, en fonction du type de production (cf. tableau 3).

En tenant compte uniquement des méthodes de production dites « polluantes » et en estimant le rendement du compresseur à 10 kW par mètre cube d'air produit, le résultat des calculs pour la production d'air comprimé est de 0,02 à 0,033 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>.

#### RÉDUCTION DE L'EMPREINTE CARBONE

Il est évident que le rendement de l'éjecteur constitue un paramètre important à prendre en compte dans la minimisation de la consommation d'énergie/d'air. Le rendement d'un éjecteur est déterminé par le rapport entre la performance du vide (débit et vitesse d'évacuation) et la consommation d'air. En réalité, il existe actuellement deux princi-

paux types d'éjecteurs pour les systèmes de manipulation par le vide des matériaux étanches : les éjecteurs mono-étagés et les éjecteurs multi-étagés. Le modèle multi-étagé est plus complexe et plus envahissant, mais demeure 15 à 50 % plus efficace (même vitesse/temps de réponse pour une moindre consommation d'énergie). Par conséquent, il importe d'utiliser un éjecteur multi-étagé chaque fois que c'est possible (cf. figure 1).

La technologie des éjecteurs pour la manipulation par le vide des pièces étanches a été lancée sur le marché pour remplacer les pompes à vide électriques, essentiellement pour des raisons de facilité d'utilisation et de fiabilité des produits, ainsi que pour la facilité de réglage de la puissance d'alimentation de la pompe au cours de son utilisation. À l'époque, chaque ventouse était munie d'éjecteurs de petite taille formant un système décentralisé. Dans une grande partie des cas, ce type de système décentralisé s'avère être la solution la plus efficace du fait qu'elle permet de localiser la succion exactement là où elle est nécessaire. Les éjecteurs surdimensionnés s'avèrent alors inutiles du fait qu'il n'est plus nécessaire de compenser les pertes et le volume superflu. Ce système permet également de réduire les micro-fuites au niveau des joints et des raccords.

#### EJECTEURS INTELLIGENTS

Cependant, dès la mise sur le marché de la technologie d'économie d'air destinée aux éjecteurs, une nouvelle tendance s'est développée. Les éjecteurs appelés « compacts » (ou « éjecteurs intelligents »), munis de fonctions de commande intégrées pour les vannes, les dispositifs marche/arrêt de vide et les fonctions d'économie d'air, ont envahi le marché. Ces éjecteurs compacts sont centralisés de manière à servir plusieurs ventouses à la fois. Ils sont généralement installés à

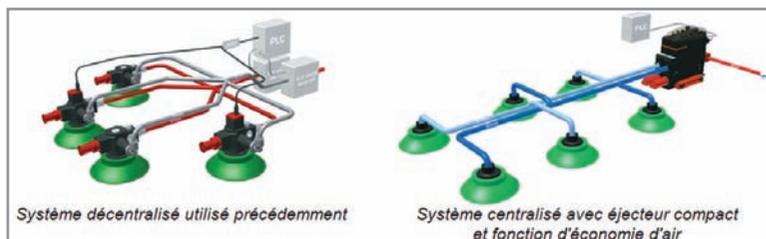


Figure 2

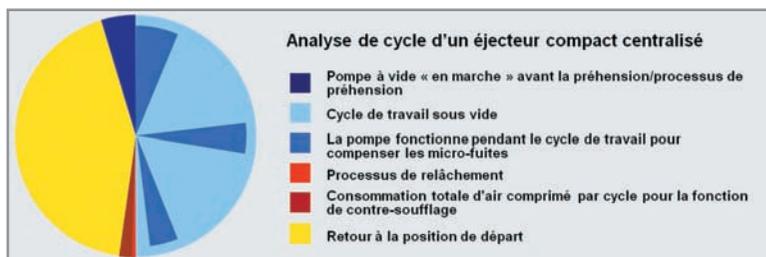


Tableau 4

quelques mètres des points de suction. La fonction d'économie d'air arrête automatiquement l'éjecteur dès que la pression de vide produite est suffisante et remet l'éjecteur en marche pour compenser toute micro-fuite provenant du système. L'un des principaux avantages de ce système réside dans le fait que l'éjecteur centralisé à fonction d'économie d'air ne fonctionne que sur une courte période pendant le cycle de fonctionnement

consommation d'énergie. Un autre problème relatif à l'utilisation des éjecteurs compacts centralisés réside dans le fait que la puissance de contre-soufflage doit être suffisamment élevée pour permettre de relâcher l'objet assez rapidement. Ce problème provient du fait que les tuyaux sont longs et leur diamètre est souvent limité, ce qui se traduit par une grande consommation d'air pendant la période de contre-soufflage né-

## « L'éjecteur centralisé à fonction d'économie d'air ne fonctionne que sur une courte période pendant le cycle de fonctionnement par le vide »

cessaire. Le tableau 4 illustre le cycle de travail classique d'une application de manipulation par le vide de matériaux étanches utilisant un éjecteur compact avec fonction d'économie d'air (cf. tableau 4).

par le vide, ce qui permet d'économiser de l'énergie par rapport au système décentralisé utilisé précédemment (cf. figure 2). Avec les éjecteurs compacts centralisés, des facteurs tels que la fiabilité et la sécurité d'utilisation (un éjecteur par ventouse), la vitesse de génération du vide et le relâchement des objets doivent être quelque peu sacrifiés. Le facteur rapidité peut être compensé par l'installation d'un éjecteur centralisé de très grande capacité, ce qui résulte toutefois en une plus grande

La consommation d'air intervient au cours des phases suivantes :

1. Bleu foncé : la production de vide dans le système démarre avant le processus de préhension pour augmenter la vitesse de préhension.
2. Bleu : la production de vide

consommation d'air et de l'empreinte carbone d'un système de vide réside dans l'utilisation d'un nouvel éjecteur compact décentralisé comprenant deux fonctions uniques : le Vacustat, un dispositif d'économie d'air interne pneumatique, et une nouvelle vanne de contre-soufflage (AQR) qui utilise l'air ambiant pour relâcher rapidement la pièce manipulée. Le volume d'une ventouse est suffisamment bas pour ne nécessiter que l'air ambiant. En d'autres termes, le système ne requiert pas d'air comprimé pour la fonction de relâchement et comprend un dispositif d'économie d'air automatique (cf. figure 3 et figure 4).

3. Rouge : relâchement de l'objet à l'aide d'une pression de contre-soufflage positive.

4. Rouge foncé : temps de contre-soufflage excessif.

Il semble évident que même en présence d'une fonction d'économie d'air, une grande quantité d'air comprimé devra être consommée au cours de chaque cycle.

### UNE RÉDUCTION SIGNIFICATIVE ?

La solution au problème de réduction significative de la

La solution au problème de réduction significative de la

Cette conception offre tous les avantages d'un système d'éjec-

teur décentralisé en termes de fiabilité, de sécurité et de rapidité (réponse et relâchement). La consommation d'air et d'énergie est quasiment inexistante. Le relâchement des objets s'effectue sans consommation d'air comprimé et la fonction d'économie d'air ne doit pas compenser les micro-fuites provenant de différents joints et raccords. Le volume est suffisamment bas pour permettre le déclenchement presque instantané de la fonction d'économie d'air.

La période de préparation de l'éjecteur avant la préhension est presque entièrement éliminée et il n'est pas nécessaire de produire du vide à l'avance dans le système. Le système fonctionnera donc encore plus rapidement.

Comme illustré dans le tableau 5, la pompe ne fonctionne que sur une très courte période. Penchons-nous maintenant sur une application classique de manipulation par le vide des produits étanches dans les

conditions et exigences suivantes (cf. tableau 6) :

1. Les solutions décentralisées précédemment mises au point utilisent environ 25 000 à 40 000\* m<sup>3</sup> d'air par an.

\*L'écart est important du fait que le résultat est fonction de l'utilisation d'un éjecteur mono-étagé ou multi-étagé.

2. Un éjecteur compact avec fonction d'économie d'énergie réduit la consommation d'air à environ 15 000 à 20 000\* m<sup>3</sup> d'air par an.

3. La solution Vacustat-COAX®-AQR utilise environ 1 000 m<sup>3</sup> d'air par an.

Dans ces conditions, il est possible de réduire la consommation d'énergie de 90 à 99 % en utilisant tout simplement la dernière technologie disponible sur le marché.

Revenons à notre équation. Nous pouvons estimer que 15 000 à 40 000 m<sup>3</sup> d'air correspondent pratiquement à 450 à 1 200 kg d'émission de gaz carbonique si l'énergie électrique est générée par une centrale à gaz, à pétrole ou à charbon, en considérant une seule application/un seul poste. Une usine automobile classique peut compter jusqu'à 400 applications de ce type. L'empreinte carbone de manipulation par le vide dans ces usines peut atteindre entre 180 000 et 480 000 kg en présence d'une technologie de vide traditionnelle (suivant les conditions indiquées ci-dessus). L'utilisation d'une technologie Vacustat-COAX® avec AQR peut réduire l'empreinte carbone à seulement 12 000 kg.

Par comparaison, la quantité moyenne de CO<sub>2</sub> produite par une voiture est de 180 g/km. L'empreinte carbone annuelle réduite d'une usine automobile utilisant la dernière technologie de manipulation par le vide correspond à l'émission d'une voiture parcourant une distance de 933 333 à 2 600 000 km.

## RÉDUCTION DU CÔÛT ÉNERGÉTIQUE

Actuellement, les entreprises européennes paient un impôt sur l'émission de CO<sub>2</sub> compris entre 0,015 et 0,03 € par kg. En adoptant la dernière technologie de manipulation par le vide, une usine automobile peut économiser plus de 15 000 € rien qu'en impôts. C'est un avantage de taille quand on sait que les impôts vont continuer inévitablement à augmenter.

« La réduction de la consommation électrique constitue à long terme la plus importante économie en matière de coûts d'exploitation »

Mais en fin de compte, la réduction de la consommation électrique constitue à long terme la plus importante économie en matière de coûts d'exploitation. En général, le coût de production d'air comprimé dans une usine utilisant un compresseur de taille normale (si l'on tient compte du coût par kWh, du cycle de vie, du taux d'intérêt, du prix d'achat, des frais d'entretien, des heures de fonctionnement à l'année, etc.) se situe entre 1 et 1,2 centime d'euro par mètre cube d'air.

Une usine automobile utilisant 400 postes de manipulation par le vide peut facilement économiser 67 000 à 187 000 € par an sur sa consommation d'énergie en adoptant la dernière technologie du vide ». ■

Josef Karbassi, Responsable de production chez PIAB, Automobile

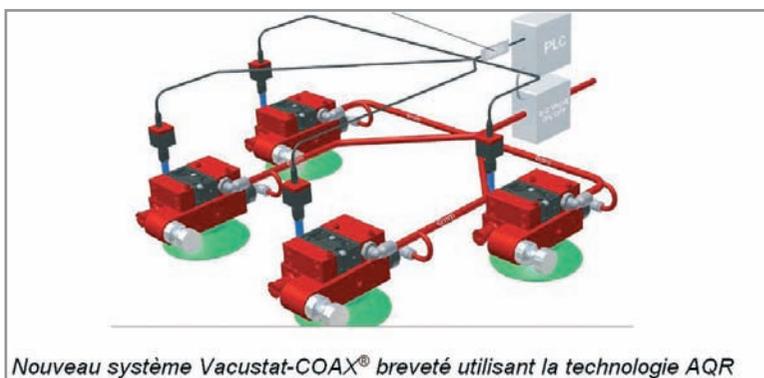


Figure 3

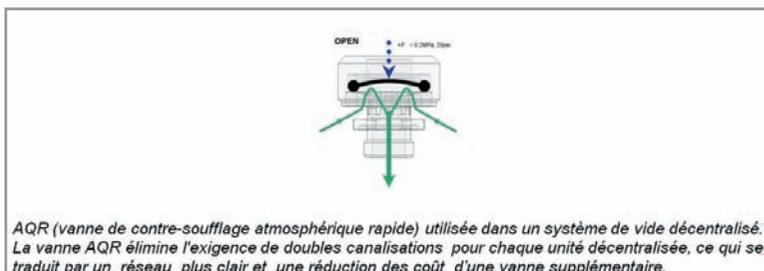


Figure 4

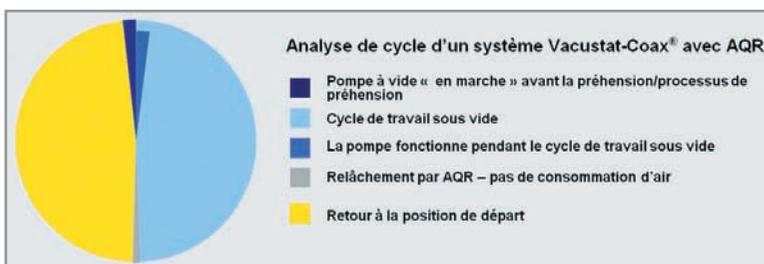


Tableau 5

Durée du cycle :	10 s
Heures de fonctionnement par an :	6 000 h
Cycle de production de vide :	5 s
Nombre de ventouses de diam 75 mm :	4
Temps de réponse :	maxi. 0,1 à 0,2 s
Temps de relâchement :	< 0,1 s

Tableau 6