# Systèmes de vide pour la production de boîtes de conserve

***Daniel Hilfiker, PDG de Pneumofore, décrit les différents systèmes de vide et les tendances technologiques***

***Article publié dans "CanTech International" Vol 20, n° 2 - October 2012***

La production de boîtes deux pièces exige des compétences poussées en matière d'ingénierie. C'est pour cette raison que Pneumofore observe de près non seulement la vitesse et la qualité en amélioration constante mais aussi la façon dont les grandes sociétés de ce secteur réalisent des tests sur les dernières technologies à différentes étapes de la production. L'expérience et les connaissances des ingénieurs sont impressionnantes lorsqu'il s'agit d'apporter de subtiles modifications à de nombreuses phases de production en vue d'optimiser la productivité.

Dans ce cas, en revanche, nous nous penchons sur un aspect secondaire. Les systèmes de vide ne constituent qu'une partie des installations, même s'ils représentent une composante essentielles en termes de vitesse et de précision. Aujourd'hui, en visitant une usine de boîtes deux pièces dans n'importe quel pays du monde, on rencontre trois **types de systèmes de vide**:

1. *Système de vide **centralisé***
2. *Pompes à vide **séparées***
3. *Une **association** des deux*

En général, les **nouvelles installations** privilégient la première solution. Toutefois, il n'est pas rare de trouver des usines à la pointe qui ne sont pas parvenues à dimensionner correctement le système de vide, indépendamment de la technologie de vide choisie. Des pompes peuvent être ajoutées pour répondre aux exigences en matière de vide sur différents sites. Pour cela, il suffit d'augmenter le nombre de pompes dans la salle centrale de pompage avec des pompes nouvelles, petites et presque portables installées exactement où il le faut. Ainsi, la première solution, celle prévue au départ, se transforme en l'espace de quelques mois après le lancement de la production en la solution numéro trois.

L'installation des systèmes de vide, le lancement de la ligne de production et les **premières années de son exploitation** sont des étapes gérées avec la plus grande attention. Mais lorsque les ingénieurs quittent la scène et que la production est censée fonctionner de manière parfaite et linéaire, avec un rendement élevé, lorsque tous les processus de production donnent le maximum, d'autres problèmes apparaissent, comme des niveaux de vide insuffisants ou une faible capacité de vide due à des changements climatiques saisonniers ou à des pertes d'efficacité du système de vide.

La particularité des installations d'assemblage des boîtes de conserve, c'est qu'elles exigent une production continue, 24 h/24 et 7 j/7, et nécessitent peu de personnel par rapport à d'autres secteurs industriels. L'air évacué est suffisamment propre et dépourvu de polluants problématiques susceptibles d'endommager les pompes à vide. De plus, la capacité de vide reste constante: il ne s'agit pas d'un procédé d'évacuation cyclique dont les critères de conception sont différents.

Les systèmes de vide ont des points communs avec l'électricité, l'eau de refroidissement et l'air comprimé. Toutefois, sur ces quatre éléments, le **vide est le plus complexe**: il est difficile à concevoir et à budgétiser à long terme. Malgré cela, il se place au même niveau que les autres, bien que l'alimentation électrique soit plus facile à quantifier et à calculer, et probablement à adapter. Pour générer de l'air comprimé et du vide, les machines sont installées à proximité de la ligne de production, afin d'éviter les pertes de capacité et de pression. Le fonctionnement sans interruption exige équipement fiable. La production ne peut être pas interrompue pour réparer une pompe à vide ou un compresseur.

***Figure n° 1*** *- Utilisation du vide dans la production de boîtes de conserve, sur autorisation de Rexam*

Certains techniciens de production affrontent des situations de vide insuffisant avec les conséquences presque tragiques qui s'accompagnent. Grâce à ces expériences, toutefois, les unités auxiliaires sont toujours maintenues en état de servir afin de ne jamais mettre la production en péril. Seuls quelques ingénieurs hautement qualifiés assistent à la construction et à l'exploitation de nombreuses usines de boîtes de conserve à travers le monde, une expérience qui leur offre la possibilité de comparer les différentes configurations possibles des systèmes de vide et les performances à long terme des diverses technologies de vide. Ces **experts sont à la recherche constante de fiabilité, de durabilité et d'efficacité** pour toutes les installations, y compris le vide, car la ligne de production présente déjà en soi un nombre suffisant de problèmes potentiels. Les systèmes de vide doivent être disponibles et adaptables, à l'instar de l'énergie électrique, soit une autre forme d'énergie

Après cette brève description des caractéristiques de production et de conception des systèmes de vide, nous abordons les **technologies possibles de vide**. Le premier élément à prendre en compte, est le fait qu'une pompe à vide n'a pas de grande utilité si la tuyauterie n'est pas bien calculée et dimensionnée, avec des marges suffisantes de sécurité. Le vide n'est pas l'opposé de l'air comprimé. La conception des systèmes exige une compétence particulière et ne peut pas être simplifiée à un nombre faisant référence à la puissance nominale installée ou à la capacité théorique des machines. Une ligne de production moderne de boîtes de conserve implique, en moyenne, l'installation d'un système de vide d'une puissance nominale de 250 kW. Les coûts de consommation énergétique se calculent facilement, ce qui n'est pas le cas des coûts de maintenance ordinaire, de réparation et de révision à long terme, qui doivent s'ajouter **au coût du cycle de vie** pour au moins cinq ans. Voici les véritables dépenses nécessaires pour maintenir un système de vide en état de marche et ce sont aussi les premiers critères lors de la conception de pompes à vide spécialisées.

Fondamentalement, nous pouvons distinguer les **technologies à piston, à palettes, à vis et à anneau liquide**. Seules les pompes à palettes et à vis peuvent être refroidies avec de l'air. Les pompes à piston se composent de plusieurs étages et d'un refroidissement intermédiaire alors que les pompes à anneau liquide dépendent fortement de l'eau pour leur fonctionnement. Les ingénieurs spécialisés dans les systèmes de vide savent bien quelle technologie cause tels problèmes et, par conséquent, des coûts. Si les pompes à piston multi-étagées fiables et durables sont en passe de disparaître du marché à cause de leurs dimensions et des difficultés de réparation, les autres trois technologies sont intéressantes à comparer. Il est important de préciser qu'il y a autant de critères de conception que de fabricants. Malgré cela, très peu de fabricants de pompes à vis ont démarré leur carrière grâce aux machines à vide, la très grande majorité des pompes à vis dérivant des compresseurs à vis.

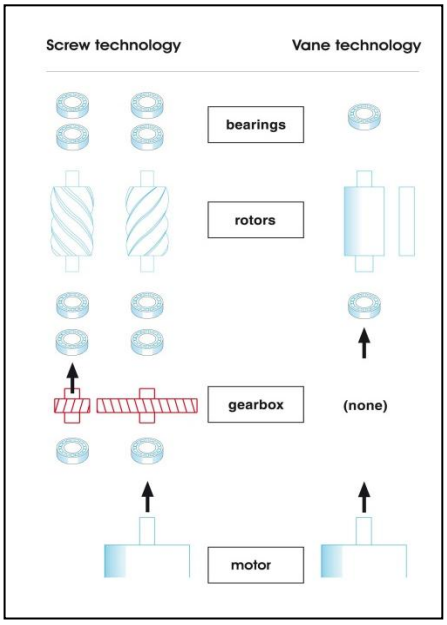


***Figure n° 2*** *- Comparaison entre le cadre et la structure de la vis à ailettes*

Les **pompes à vis** se caractérisent par leurs prix très avantageux. Toutefois, leurs rendements se dégradent avec le temps. Les deux vis du bloc cylindre ne présentent pas de joint actif entre les chambres de compression et exigent une **maintenance fréquente** ainsi qu'une révision toutes les 25 000 heures de fonctionnement environ du bloc cylindre de la vis. La présence d'une pompe de lubrification sur toutes les pompes à vide à vis démontre l'absence d'utilisation du potentiel d'aspiration interne de la pompe pour une lubrification et un refroidissement simples et fiables. L'**économie initiale** sur le prix disparaît rapidement. Une vitesse élevée de rotation allant jusqu'à 6 000 tours par minute, une boîte à engrenages avec fonction de transmission et six roulements dans le bloc cylindre de la vis représentent ce qui est de plus courant. Enfin, les pompes à vide à vis se basent sur une technologie ancienne de quelques décennies seulement et il n'est pas rare de voir des utilisateurs qui regrettent d'avoir opté pour ce genre de solution.

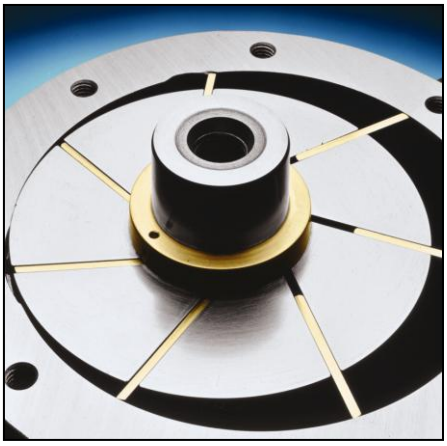

***Figure n° 3*** *- Section de pompe rotative à palettes*

Il existe des **pompes à palettes** de petite capacité ne dépassant pas quelques kW. Toutefois, dans cet article, nous ferons référence à celles de haute capacité avec un flux de plusieurs milliers de $m^3/h$. Les joints actifs avec les palettes non consommables en métal sont une garantie d'efficacité élevée dans le temps. Curieusement, à l'instar des pompes à piston, ce genre de solution augmente même sa capacité au fil de son utilisation car les pièces en contact (palettes et logement) s'adaptent les unes aux autres et augmentent ainsi leur étanchéité. Cette caractéristique est à l'opposé des pompes à vis mentionnées précédemment. Il est possible d'installer plusieurs pompes à palettes de petites dimensions. Mais ce type de solution est adopté uniquement en cas d'erreur de calcul ou de variations considérables des nécessités de vide dans certaines étapes de la production. Aujourd'hui, notre attention se tourne vers les pompes rotatives à palettes dotées d'un **accouplement direct**, de seulement deux grands roulements à rouleaux et de faibles températures de fonctionnement dues à une faible vitesse de rotation, avec la possibilité d'ajouter un climatiseur pour les climats plus chauds. Les **derniers modèles** trouvés dans le domaine des pompes rotatives à palettes offrent une option de vitesse variable qui permet de maintenir des niveaux constants de vide à un point de consigne défini, permettant d'optimiser la consommation électrique. Évidemment, nous parlons ici des pompes à palettes sans matériaux consommables, dont seuls le lubrifiant, les séparateurs et les filtres à huile ainsi que les cartouches d'aspiration sont à remplacer. Ces opérations de service doivent être effectuées le plus rarement possible. Le point noir des pompes à palettes, c'est leur prix de vente, nettement supérieur à celui des pompes à vis.

Les **pompes à anneau liquide** peuvent fonctionner pendant des années sans présenter le moindre problème. Le seul hic se trouve dans la facture d'électricité. L'étanchéité est assurée grâce à un anneau d'eau source de friction et de consommation élevée d'énergie. Le point important à retenir, toutefois, c'est qu'une pompe à anneau liquide ne fonctionne pas toute seule. En effet, elle exige un circuit de refroidissement à eau avec des pompes à eau et des tours de refroidissement mais aussi d'intégration et de préparation de l'eau. Étant donné que la **température de l'eau de refroidissement** est cruciale pour le rendement des pompes à anneau liquide, notamment dans les pays tropicaux, le système de refroidissement à eau est intégré par certains refroidisseurs. Par conséquent, le coût d'achat initial augmente, englobant aussi celui des conduites d'eau. Les coûts d'exploitation sont aussi très élevés car les composants du système de vide comptent pour beaucoup. Ces coûts d'exploitation

sont tels que le retour sur investissement moyen suite au remplacement de ce type d'installation par des pompes plus modernes est souvent inférieur à 18 mois.

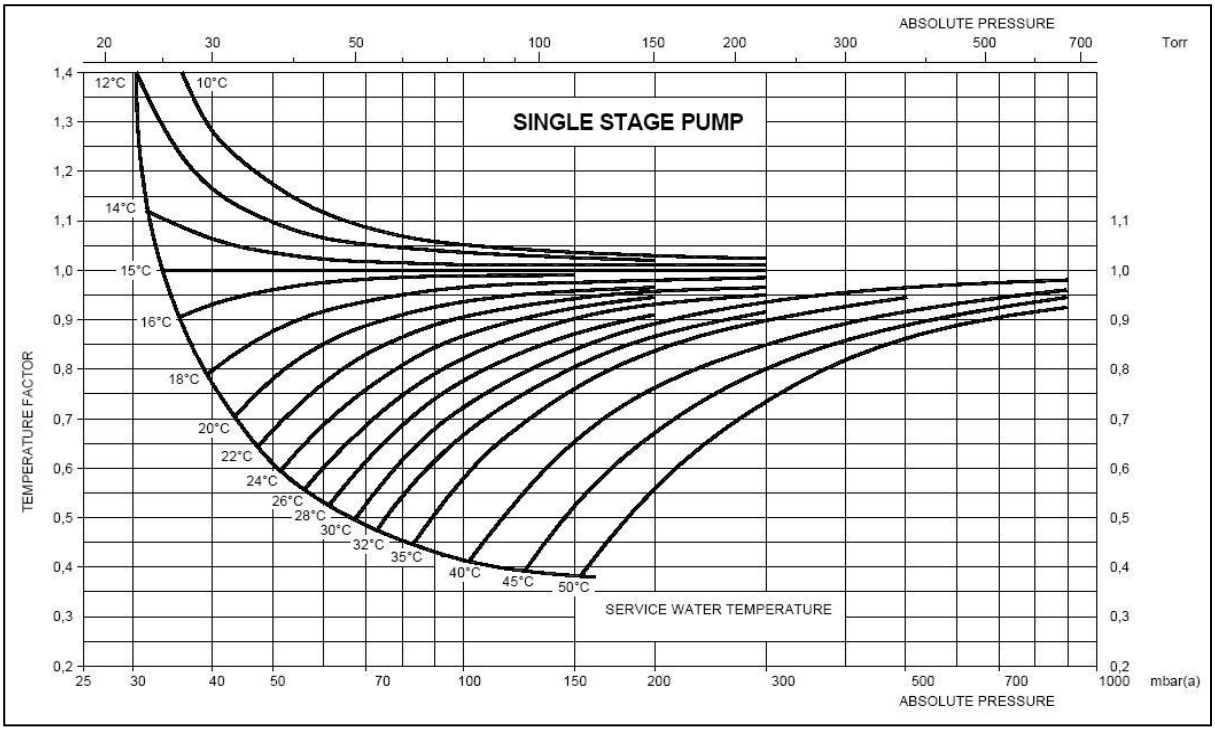


***Figure n° 4*** *- Facteur d'efficacité pour le vide de pompes à anneau liquide par rapport à la température de l'eau*

Récemment, j'ai rencontré un responsable énergie d'un grand groupe de fabrication de boîtes de conserve qui avait réalisé une analyse exhaustive des différentes machines utilisées.

« Aujourd'hui, nous ne pouvons nous permettre de discriminer une technologie. Toutefois, les chiffres concernant les coûts de maintenance, de consommation d'énergie et de réparation ainsi que les frais de révision parlent d'eux-mêmes. Le bon choix du système de vide ne suffit pas et les marques offrent diverses solutions. La clé du succès réside dans la **compétence du fournisseur,** notamment en ce qui concerne la conception du système de vide, car le dimensionnement de la tuyauterie fait partie intégrante de l'offre de quelques fabricants parmi les plus expérimentés ». La perspective adoptée dans la présente analyse est celle à 10 ans. Toute considération sur un laps de temps plus court n'est pas réaliste pour un établissement de production de boîtes de conserve.

## À propos de l'auteur

Daniel Hilfiker fait partie de la troisième génération d'ingénieurs suisses à la tête de Pneumofore, le plus ancien fabricant de pompes rotatives et de compresseurs au monde qui fêtera bientôt son 90$^{e}$ anniversaire. Cet ingénieur s'est penché sur les activités de recherche et développement du fait de son engagement à réduire l'impact environnemental et, par conséquent, les coûts d'exploitation. Daniel Hilfiker participe régulièrement à diverses conférences de l'industrie, où il apprécie chaque fois les compétences incroyables en matière d'ingénierie mécanique dont font preuve les participants. Néanmoins, les théories et les produits de vide qu'il a développés sont également utilisés dans l'aéronautique, la médecine, les procédés de séchage, la pétrochimie ainsi que dans d'autres domaines. Pneumofore ne participe pas à la course des prix d'achat. La société préfère baser sa propre stratégie de vente sur les calculs de retour sur investissement suite au remplacement de pompes à vide et de compresseurs d'autres technologies et de marques. La société est fière d'avoir la plus grande pompe à vide rotative à palettes à un étage avec refroidissement à air appelée UV50, dotées de caractéristiques importantes comme la vitesse variable ou le refroidissement auxiliaire pour climats chauds dépassant 50° C. Ce type de pompe est utilisé aux quatre coins du globe et est reconnu pour ses faibles coûts de cycle de vie.

*Traduction de l'anglais par Studio Melchior, Turin, Italie*