

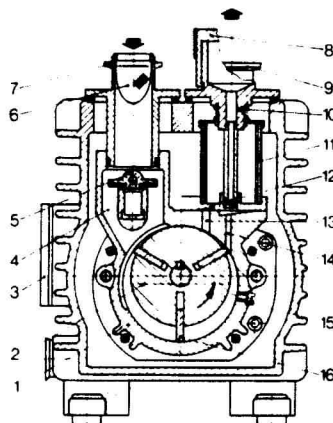
VOYAGES AU CŒUR DU VIDE

Pompes à vide volumétriques rotatives

Pompes rotatives à palettes

Les pompes rotatives à palettes se composent d'un corps cylindrique (stator de pompe) (1), dans lequel tourne, suivant la direction de la flèche, un rotor excentré muni de rainures (2), dans lesquelles coulisent des palettes (16) qui, pendant la rotation, sont appliquées contre la paroi du stator le plus souvent par la force centrifuge, mais parfois aussi par des ressorts. En glissant le long de la paroi, les palettes repoussent devant elles l'air entrant par l'orifice d'aspiration (4) pour l'expulser hors de la pompe à travers la soupape de refoulement recouverte d'huile (12).

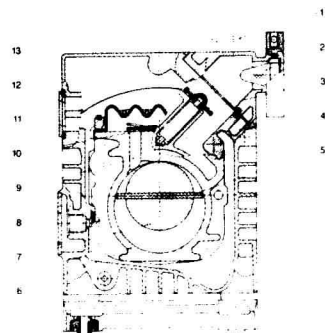
La réserve d'huile des pompes à palettes, mais aussi des autres types de pompes volumétriques à joint d'huile, sert d'abord au graissage et à l'étanchéité, mais aussi à réduire au maximum les volumes morts et à évacuer la chaleur de compression, donc au refroidissement.



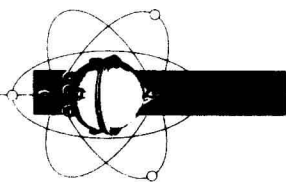
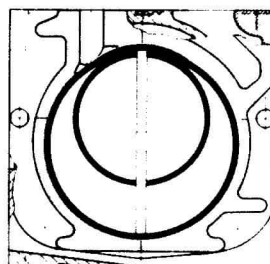
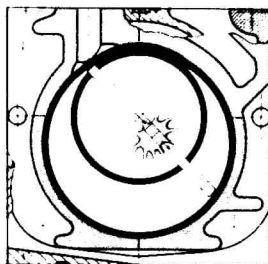
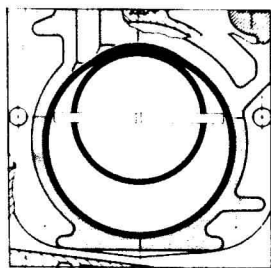
1 Corps de pompe 2 Rotor 3 Voyant de niveau d'huile 4 Canal d'aspiration 5 Soupape de la tubulure d'aspiration 6 Collecteur d'impuvités 7 Tubulure d'aspiration 8 Capuchon d'obturation de la vanne de lest d'air 9 Tubulure de refoulement 10 Etrier d'air parallèle pour amortissement du bruit 11 Filtre à huile 12 Soupape de refoulement 13 Canal de refoulement 14 Canal de lest d'air 15 Injection d'huile 16 Palette

Coupe transversale d'une pompe rotative à palettes à un étage.

Des pompes rotatives à palettes existent également en multipalettes. Il s'agit alors le plus souvent de pompes avec des palettes en matière synthétique et non graissées (pompes sèches). Ces pompes n'obtiennent malheureusement pas un bon vide. La tendance la plus moderne, ce sont les pompes rotatives avec deux palettes seulement qui, lors de la rotation du rotor, se poussent chacune à leur tour contre la paroi du stator; ainsi on élimine tous les problèmes éventuels dus à la force centrifuge (quand la pompe est froide les palettes ne sortent pas) et aux ressorts (se cassent et s'encrassent avec le temps).



1 Raccords d'admission
2 Piège à impuretés
3 Soupape d'admission
4 Canal d'admission
5 Palettes
6 Corps de pompe
7 Rotor
8 Obturateur, raccord du lest de gaz inertes
9 Canal d'échappement
10 Soupape d'échappement
11 Filtre à huile interne
12 Etrier ressort
13 Obturateur, raccord pour filtre à huile externe

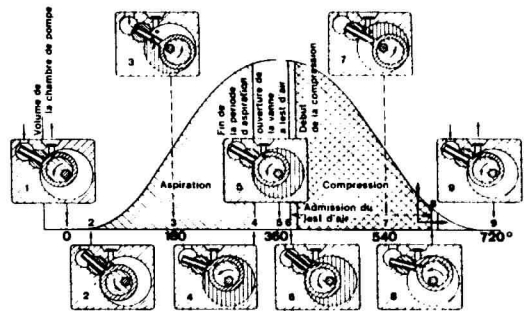


VOYAGES AU CŒUR DU VIDE

Pompes à pistons oscillants

Un rotor solidaire d'un tiroir creux (piston oscillant) (1) entraîné par un excentrique (2), tournant dans la direction de la flèche, glisse le long de la paroi du stator. Le gaz à aspirer est introduit à travers l'orifice d'aspiration (10) dans la pompe par le canal d'aspiration du tiroir (11) jusque dans la chambre de pompe. Le tiroir coulisse au travers d'une noix oscillante (12) en un mouvement de va et vient. Le gaz aspiré se retrouve dans la chambre de compression. Lors de la rotation, le rotor comprime cette quantité de gaz jusqu'à ce qu'elle soit refoulée à travers la soupape recouverte d'huile (5). La réserve d'huile sert, comme dans les pompes à palettes, à graisser, étancher, réduire au maximum les volumes morts et refroidir. La chambre de pompe étant partagée en deux volumes par le piston, un temps de travail est effectué à chaque tour (voir cycle de travail). Les pompes à piston oscillant sont également construites à un ou deux étages.

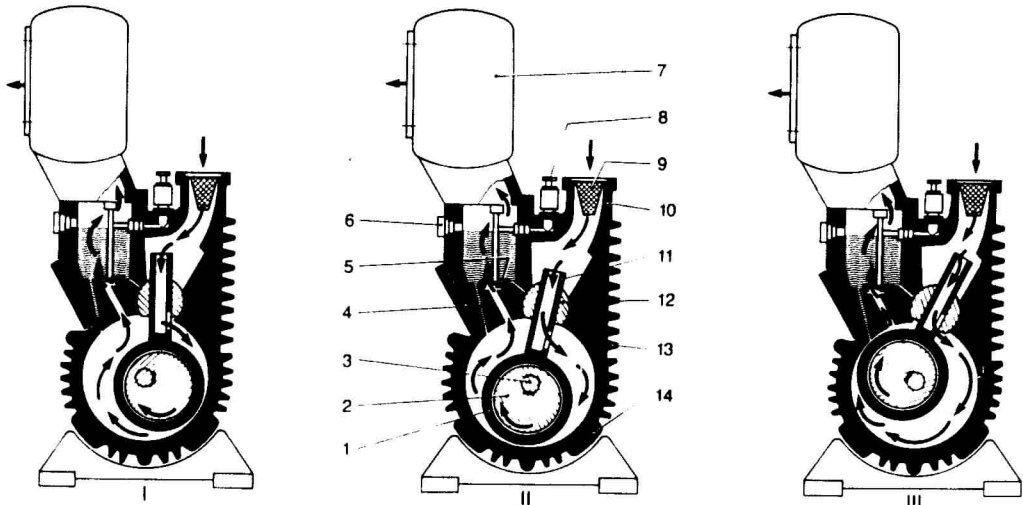
Dans un grand nombre de procédés à vide, la combinaison d'une pompe roots et d'une pompe à piston oscillant à un étage peut être plus avantageuse que l'utilisation d'une pompe à piston oscillant à deux étages. Si cette combinaison, ou une pompe à deux étages, ne suffit pas pour le procédé considéré, la combinaison d'une pompe à deux étages avec une pompe roots peut être conseillée.



Position 1 : point mort supérieur.
Position 2 : ouverture du canal d'aspiration du tiroir.
Point 3 : début de la phase de compression.
Position 4 : point mort inférieur.
Position 5 : ouverture de la vanne à l'écoulement.
Position 6 : point mort supérieur.
Position 7 : fin de la phase d'aspiration.
Position 8 : début de la phase de compression.
Position 9 : point mort inférieur.
Position 10 : ouverture du canal d'aspiration du tiroir.

Position 11 : point mort supérieur.
Position 12 : ouverture du canal d'aspiration du tiroir.
Position 13 : début de la phase de compression.
Position 14 : point mort inférieur.
Position 15 : ouverture de la vanne à l'écoulement.
Position 16 : point mort supérieur.
Position 17 : fin de la phase d'aspiration.
Position 18 : début de la phase de compression.
Position 19 : point mort inférieur.
Position 20 : ouverture du canal d'aspiration du tiroir.

Cycle de travail d'une pompe à piston oscillant.



- 1 Piston tournant
- 2 Excentrique
- 3 Arbre
- 4 Canal à huile
- 5 Soupape d'échappement
- 6 Regard du niveau d'huile
- 7 Pot à échappement
- 8 Actuellement de test de gaz
- 9 Piège à impuretés
- 10 Raccord d'admission
- 11 Tiroir
- 12 Tiroir pilote
- 13 Ailettes de refroidissement
- 14 Corps de pompe



VOYAGES AU CŒUR DU VIDE

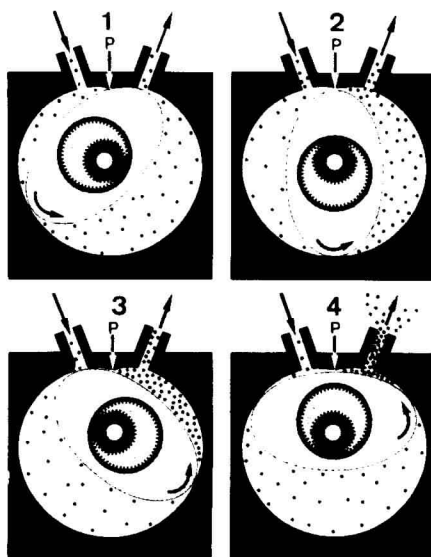
Pompes trochoïdes

Ce sont des pompes à piston rotatif qui appartiennent à la catégorie des pompes rotatives.

Dans ces machines à piston rotatif, le centre de gravité du piston se déplace suivant une trajectoire circulaire autour de l'axe de rotation (d'où le nom de ces machines).

Une pompe trochoïde est donc parfaitement équilibrable dynamiquement, ce qui permet de la faire fonctionner à des vitesses de rotation plus grandes.

Le volume de construction spécifique (volume de pompe par rapport au volume de construction) est environ deux fois plus grand dans les pompes trochoïdes que dans les pompes à piston oscillant. Une pompe trochoïde est donc environ quatre fois plus petite qu'une pompe à piston oscillant de même capacité d'aspiration, et fonctionne sans vibration.

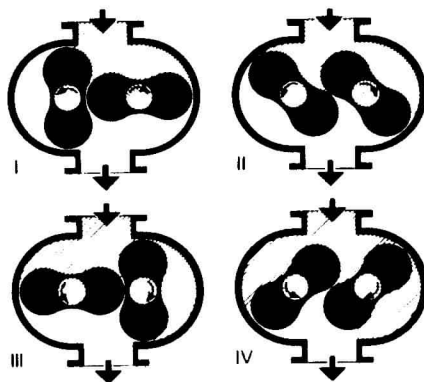


Pompes birotors synchrones (pompes roots)

Les pompes birotors synchrones sont utilisées en combinaison avec des pompes primaires (à palettes, à piston oscillant, trochoïdes) dont elles étendent la plage de travail jusqu'au domaine du vide moyen et même jusqu'au vide poussé. Le principe de travail des pompes roots permet de constituer des unités à capacité d'aspiration très élevée (plus de 100.000 m³/h).

Une pompe roots est une pompe à pistons rotatifs dans le carter de laquelle tournent, en sens inverse, deux rotors de formes identiques. Ces deux rotors ont une section en forme approximative de huit et sont synchronisés par un entraînement à engrenage. Le jeu entre pistons et carter est de quelques dixièmes de millimètre. Les pompes roots peuvent donc tourner à grande vitesse sans usure mécanique.

La différence de pression et le rapport de compression entre les côtés aspiration et refoulement sont limités. Un dépassement de la pression différentielle admissible conduit à une surchauffe de la pompe. Elles sont donc utilisées soit avec des pompes primaires ou dans des circuits de gaz fermés.



VOYAGES AU CŒUR DU VIDE

Le lest d'air

Le dispositif de lest d'air, utilisé dans les pompes rotatives à palettes, à piston oscillant et trochoïdes permet le pompage non seulement de gaz permanents, mais aussi de quantités importantes de vapeurs condensables. Le dispositif de lest d'air évite la condensation des vapeurs dans la chambre de compression de la pompe.

Quand on pompe des vapeurs, celles-ci ne peuvent être comprimées que jusqu'à leur tension de vapeur saturante à la température de la pompe.

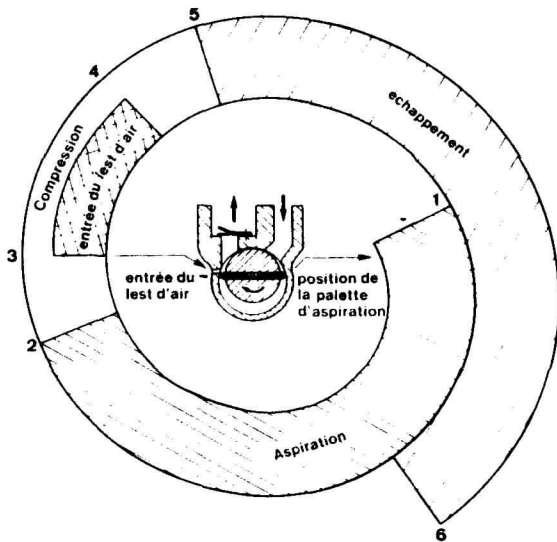
Si on poursuit la compression, la vapeur d'eau se condense, sans que la pression augmente; il ne se forme aucune surpression dans la pompe, la soupape de refoulement ne s'ouvre pas, la vapeur d'eau reste sous forme d'eau dans la pompe, et forme une émulsion avec l'huile. Les propriétés de lubrification se détériorent très vite.

Le dispositif de lest d'air, inventé par Gaede en 1935, fait obstacle à la condensation possible de vapeur dans la pompe par les mesures efficaces suivantes:

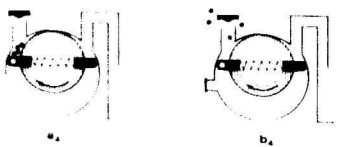
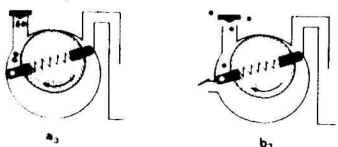
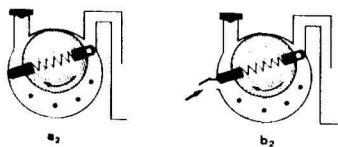
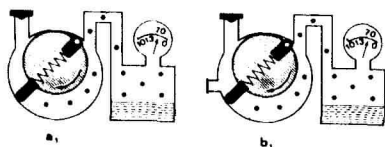
Au début de la phase de compression proprement dite une quantité d'air (le lest d'air) telle que le rapport de compression dans la pompe soit abaissé à un maximum de 10:1 est introduite dans la chambre de compression. Les vapeurs aspirées peuvent alors être comprimées et refoulées hors de la pompe en même temps que l'air introduit par le lest d'air sans que le point de condensation ne soit atteint. Dans le cas de pompage de vapeur d'eau, la pression partielle de la vapeur aspirée ne doit en aucun cas dépasser une valeur déterminée.

Cette valeur critique est appelée: «pression de vapeur d'eau maximum admissible».

Quand un mélange de gaz permanents et de vapeurs condensables est pompé, la proportion de gaz permanents suffit souvent à éviter la condensation des vapeurs à l'intérieur de la pompe.



Mécanisme de travail à l'intérieur d'une pompe rotative à palettes avec dispositif de lest d'air



• Particules de vapeur

Sans lest d'air

1. La vapeur est aspirée et commence à être comprimée. 2. La condensation s'intensifie, formant une couche d'eau plus épaisse. 3. La condensation est très prononcée, et la pompe ne peut plus évacuer la vapeur efficacement. 4. La condensation est maximale, et la pompe est bloquée par l'eau.

Avec lest d'air

1. La vapeur est aspirée et commence à être comprimée. 2. Le lest d'air est introduit, ce qui abaisse le rapport de compression. 3. La condensation est évitée, et la vapeur est évacuée efficacement. 4. La condensation est évitée, et la pompe continue à fonctionner normalement.

Illustration du processus de pompage dans une pompe rotative à palettes pour le pompage de vapeurs condensables sans (à gauche) et avec (à droite) dispositif de lest d'air

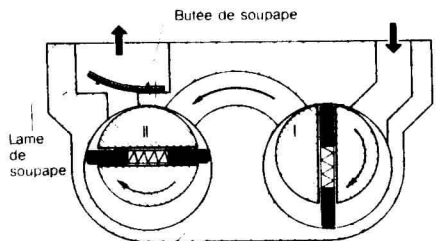


VOYAGES AU CŒUR DU VIDE

Un ou deux étages

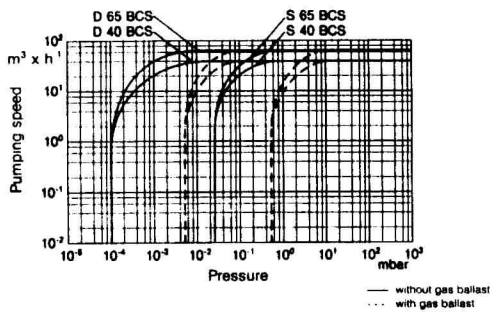
Les pompes rotatives à palettes SOGEVAC sont fabriquées en version à un étage et les TRIVAC à un et à deux étages.

Les pompes à joint d'huile à deux étages permettent d'atteindre des pressions de travail et finale plus basses que celles des pompes correspondantes à un étage. La raison en est que dans les pompes à un étage, l'huile, qui se trouve inévitablement en contact régulièrement avec l'atmosphère extérieure, absorbe de l'air, et, au cours du cycle, le libère, ne serait-ce que partiellement, du côté vide, limitant ainsi la pression finale accessible. Dans les pompes volumétriques à joint d'huile fabriquées par LEYBOLD, l'étage côté vide (étage 1) est alimenté en huile déjà prédégazée; la pression finale se situe alors effectivement dans le vide poussé, et les plus basses pressions de travail à la limite vide moyen/vide poussé. Remarque : laisser fonctionner l'étage dit « à vide poussé » avec très peu ou pas du tout d'huile peut, malgré une très basse pression finale, entraîner de graves difficultés et perturber énormément le bon fonctionnement de la pompe.



Étage vide poussé
Étage vide grossier

Coupe (schématique) transversale d'une pompe rotative à palettes à deux étages



Le résultat du choix de un ou deux étages devient évident en observant les caractéristiques des pompes représentées à côté :

Un étage : S65 (65 m³/h)

S40 (40 m³/h)

Vide limite : avec lest d'air : $5 \cdot 10^1$ mbar

sans lest d'air : $2,5 \cdot 10^2$ mbar

Deux étages : D65 (65 m³/h)

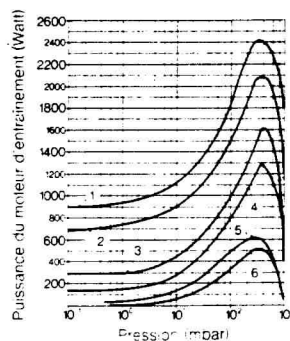
D40 (40 m³/h)

Vide limite : avec lest d'air : $5 \cdot 10^3$ mbar

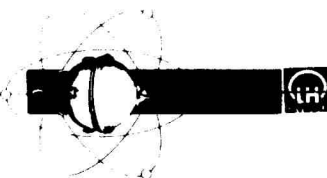
sans lest d'air : $1 \cdot 10^4$ mbar

Puissance des moteurs

Les moteurs fournis avec les pompes à palettes et a piston oscillant sont largement dimensionnés en fonction de la puissance d'entraînement maximum nécessaire (à 400 mbar environ), pour une température ambiante de 12°C et en utilisant des huiles spéciales. Dans la plage de travail proprement dite, l'entraînement d'une pompe chaude ne demande qu'environ un tiers de la puissance installée. Ceci est valable également pour les pompes trochoïdes.



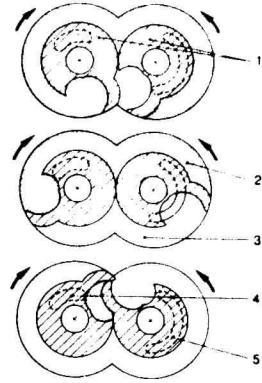
Température ambiante : 12°C, régime : 50/150 ou 4000
 Courbes pour la puissance d'entraînement maximale
 gaz : 100% (pour la puissance d'entraînement maximale)
 20°C



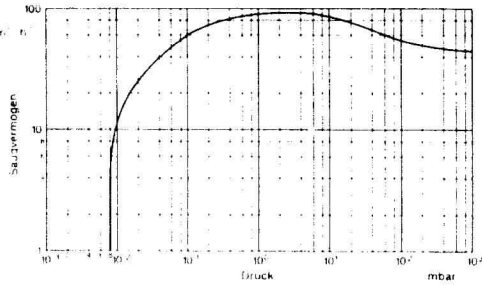
VOYAGES AU CŒUR DU VIDE

Les pompes à vide sèches

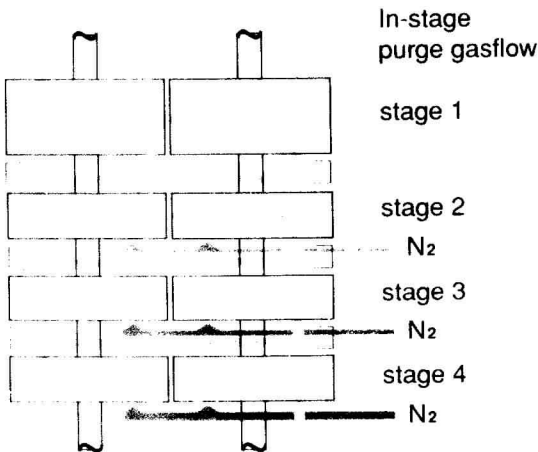
Depuis les années 90 cette évolution est foudroyante aussi bien au niveau des pompes à vide, pratiquement exclusivement avec des membranes, pour des applications dans les laboratoires (chimiques et pharmaceutiques), qu'au niveau industriel (fabrication de semi-conducteurs) ou on a adopté le principe avec des griffes. Les applications au niveau industriel sont très largement supérieures et s'inscrivent pratiquement exclusivement dans une lutte contre la pollution, en fabrication de semi-conducteurs. Les huiles des pompes à palettes sont p.e. chargées de produits toxiques utilisés dans les processus de gravures d'où le grand intérêt pour les pompes sèches p.e. DRYVAC selon le principe à griffes:



DRYVAC: 1 griffes; 2 chambre de compression; 3 chambre d'aspiration; 4 ouverture de refolement; 5 ouverture d'aspiration



Pour obtenir le vide limite demandé p.e. $8 \cdot 10^{-3}$ mbar, plusieurs étages (4) s'imposent, travaillant en cascade; en plus, pour éliminer l'influence néfaste des produits pompés (hautement corrosifs), on injecte à chaque niveau (stage) un gaz neutre comme l'est d'air.



Chimie

Il est encore à souligner que si le principe de fonctionnement (à griffes et sèches) est également la dernière introduction dans le secteur chimique, les pompes doivent en plus être anti-déflagrantes et avoir la possibilité de pomper des liquides en même temps que des gaz. Il n'y a pas de chambre de compression dans ce type de pompe, on se limite à déplacer un volume pompé sans le compresser.

