

Pompe à diffusion d'huile

Principe de fonctionnement.

Les trajectoires des molécules à pomper sont orientées vers l'aval de la pompe par des chocs élastiques avec un jet de vapeur composé de molécules lourdes à grande vitesse.

Domaine de pression : de $10^{-1}/10^{-2}$ mb à 10^{-9} mb

Débit-volume disponible : de quelques l/s à 20000l/s

Applications et précautions : pompe "tout terrain" dans une très large gamme d'applications. Nécessite impérativement une pompe primaire ayant un vide limite de $<10^{-2}$ mb.

La pompe ne pouvant pas démarrer à la pression atmosphérique, et l'huile chaude ne devant pas entrer en contact avec l'air (carbonisation de l'huile), il est impératif de monter une ligne de pompage en dérivation, dite "by-pass", c'est à dire un circuit permettant de pré-vider l'enceinte avec la pompe primaire jusque vers 10^{-2} mb, tout en isolant la pompe à diffusion.

Pour des applications à haut débits, ou des cas de changement brutal de débit (dégazage dans un procédé) on associe en général en série une pompe à palette, une pompe roots et une pompe à diffusion d'huile.

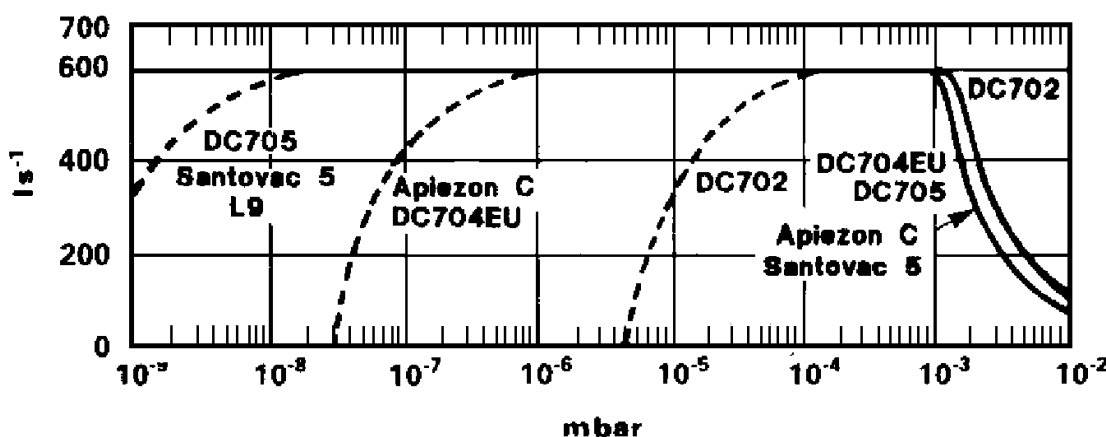
Pour des application "propres", il est impératif de piéger la ligne les hydrocarbures de la pompe primaire (pièges à alumines activées, zéolites ou azote liquide), et la pompe à diffusion elle-même (azote liquide). Voir aussi "Limitations".

Qualités : Pompe très robuste, bon marché à l'achat, grande espérance de vie, maintenance faible et simple. Vitesse de pompage élevée sur les gaz légers.

Limitations : Demande à être conduite avec soin pour éviter les pollutions du procédé ou la carbonisation de son huile. La tendance à polluer par des hydrocarbures, dont elle est souvent rendue responsable, provient le plus souvent de la pompe primaire, d'où la nécessité d'utiliser des pièges et baffles sur la ligne de vide primaire et sur le by-pass.

Grosse consommatrice d'eau et d'électricité.

Courbes caractéristiques : Les courbes caractéristiques (v. ci-dessous) indiquent le débit en fonction de la pression. Ce débit est constant dans la plus grande partie du domaine d'utilisation.



Les points remarquables à considérer sont :

Le vide limite : à basse pression le débit décroche brutalement pour tomber à zéro à une pression qui ne dépend que du fluide moteur pour une pompe donnée. On choisit donc le fluide selon la valeur de vide limite souhaitée, et bien sûr selon les autres contraintes de l'application. On a le choix entre des huiles "ordinaires", pour l'UHV (très chères), résistante à l'oxydation (très chères aussi), résistantes aux radiations, etc. Moyennant un nettoyage soigné, on peut changer de type de fluide pour une nouvelle application.

La pression limite d'amorçage : c'est la pression la plus élevée où un effet de pompage est possible. Cette donnée est à considérer pour le choix de la pompe primaire et éventuellement le couplage avec une pompe Roots.

La pression minimum de débit maximum : c'est la pression la plus élevée où le débit est encore maximum. Ces points et le précédent vont déterminer la capacité de la pompe à encaisser une remontée brutale de pression, sans se désamorcer. Ceci dépendra non du fluide moteur mais de la géométrie interne de la pompe elle-même. C'est donc un critère à considérer avant l'achat, pour une application précise.

Détail du principe de fonctionnement.

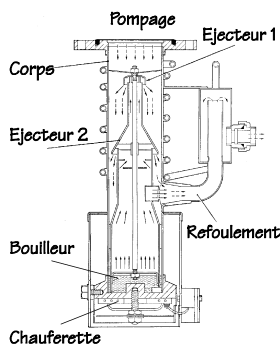
La pompe à diffusion fonctionne exclusivement en régime moléculaire. Il lui faut donc une pompe primaire, typiquement une pompe à palette, ou un ensemble pompe à palette / pompe Roots.

Elle est constituée de 3 parties :

Un corps cylindrique ou bi-conique refroidi par une circulation d'eau (ou d'air pour de petites unités) ;

Un système de chauffage qui porte à ébullition le fluide moteur (huiles de différents types, autrefois mercure) ;

Un ensemble d'éjecteurs, qui assure la circulation de la vapeur d'huile et son éjection dans le corps de pompe.



Le fluide est chauffé à l'ébullition par le bouilleur, de telle manière que la température la plus élevée soit au centre du bouilleur et que la vapeur d'huile remplisse les cheminées à une pression partielle d'huile saturante. La vapeur s'échappe alors par les fentes des éjecteurs à vitesse supersonique. Les éjecteurs orientent les jets de vapeur en nappes coniques orientées vers le bas de la pompe et vers les parois froides.

Lorsque la nappe de vapeur de fluide moteur heurte des molécules du vide ambiant, arrivées là par leur mouvement moléculaire propre, il y a choc élastique entre molécules d'hydrocarbures, lourdes et à grande vitesse, et molécules des gaz du système, légères et à vitesse thermique. Ces dernières sont déviées dans la direction de la nappe, et de choc en choc entraînent dans la direction du pompage.

Le fluide moteur se condense sur la paroi froide du corps et coule à nouveau dans le bouilleur où son cycle recommence. Les gaz sont "comprimés" d'étage en étage, puis sont repris par la pompe primaire sous le niveau du dernier éjecteur. On a donc un gradient de pression entre l'orifice de pompage et celui de refoulement.

Seules les molécules qui arrivent "par hasard" dans la première nappe seront pompées. Chaque nappe de fluide moteur a à la fois pour rôle de pomper, et d'empêcher la rétrodiffusion.

Le fluide moteur doit être choisi avec une tension de vapeur très basse, une température d'ébullition élevée, et une bonne résistance à l'oxydation. Pour une pompe donnée, c'est le fluide moteur qui va déterminer les performances. Le fluide moteur est dégazé, sur dans la partie extérieure du bouilleur, pour éliminer les gaz de pompages inclus et les produits volatils provenant de sa décomposition.

L'effet de pompage étant dû à des chocs élastiques entre molécules, l'effet sera d'autant plus grand que la molécule pompée est légère et lente, et la molécule de fluide moteur lourde et rapide.

À défaut de refroidissement du corps de pompe, la vapeur de fluide moteur ne se condense plus, le cycle se désamorçe et le fluide peut migrer vers l'enceinte à pomper.



Coupe d'une pompe à diffusion (doc Varian)