

ETUDE SPECIALISEE

# Pompes hermétiques pour l'industrie frigorifique

Dr. G. Feldle



Pompes hermétiques pour  
l'industrie frigorifique

Dr. G. Feldle

## VUE D'ENSEMBLE

Sur les grosses installations frigorifiques, les caractéristiques de l'installation et des pompes, ainsi que les critères de dimensionnement jouent un rôle important lors du choix des pompes de circulation forcée des fluides frigorigènes. La prise en compte des caractéristiques de l'installation et des influences thermodynamiques sur l'aspiration est nécessaire à la définition de la charge minimale d'aspiration. Aujourd'hui on utilise de préférence les pompes centrifuges en raison de leur parfaite étanchéité et de l'absence de maintenance. A côté de leur faible encombrement, de leur facilité d'installation, de leur sûreté de fonctionnement et de leur très faible niveau de bruit, elles se distinguent surtout par leur durée de vie !

## 1. INTRODUCTION

Les installations frigorifiques sont maintenant réalisées de préférence avec une circulation forcée du fluide frigorigène du côté basse pression. Par rapport à d'autres types d'installations, le recours à des pompes présente de nombreux avantages, décrits ci-après :

- Répartition et régulation de la puissance frigorifique ou du fluide frigorigène sur plusieurs récepteurs ou évaporateurs, même éloignés.
- En évaporation directe, la puissance électrique nécessaire est minimisée en raison de faibles différences de températures.
- La tuyauterie se trouve simplifiée avec un dimensionnement et un encombrement réduits.
- Optimisation du transfert de chaleur dans les évaporateurs.
- Concentration des composants de l'installation dans une seule pièce.
- Dégivrage et déshuilage simplifiés.



Pompes hermétiques pour  
l'industrie frigorifique

Dr. G. Feldle

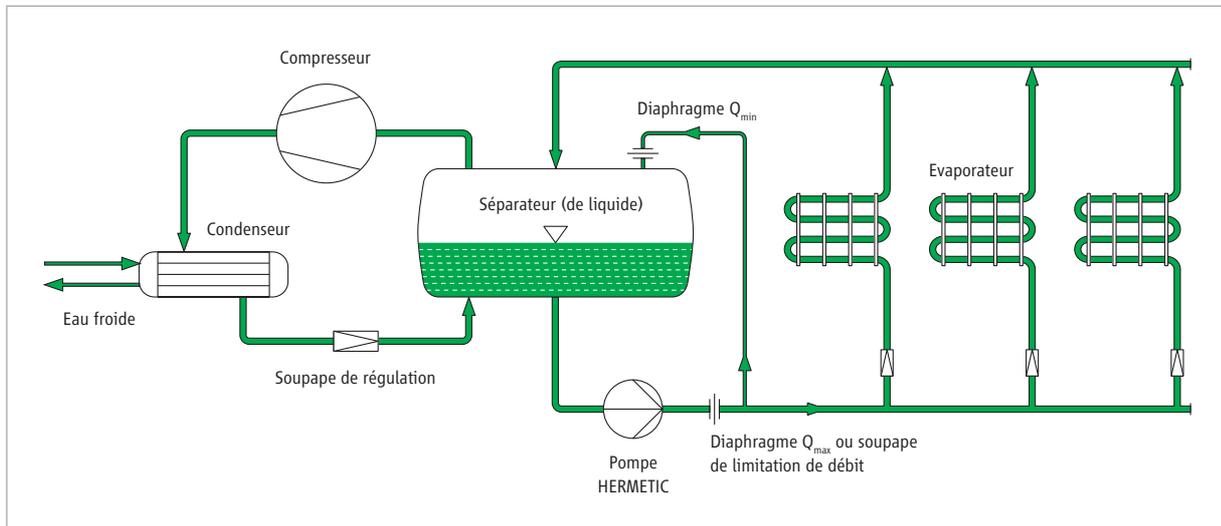


Figure 1: Représentation schématique d'une grosse installation frigorifique

Le schéma simplifié d'une installation frigorifique industrielle est présenté figure 1. Une grosse installation comprend un circuit primaire et un circuit secondaire. Par principe, un processus à circulation forcée provoque un plus gros débit de frigorigène que celui d'un évaporateur en absorption. Le rapport des deux courants est désigné par le facteur de transfert Z. La vapeur produite et l'excès de frigorigène reviennent au séparateur par le circuit secondaire. Le frigorigène liquide, tombé dans le séparateur central, peut être renvoyé dans les différents récepteurs (évaporateurs) par une ou plusieurs pompes.

Le compresseur, le condenseur et la soupape sont disposés dans le circuit appelé circuit primaire. La disposition et le dimensionnement des pompes dépend de la puissance frigorifique, du facteur de transfert, de la température d'évaporation, du dessin et du dimensionnement de l'évaporateur et de la configuration géométrique de l'installation.

Pompes hermétiques pour  
l'industrie frigorifique

Dr. G. Feldle

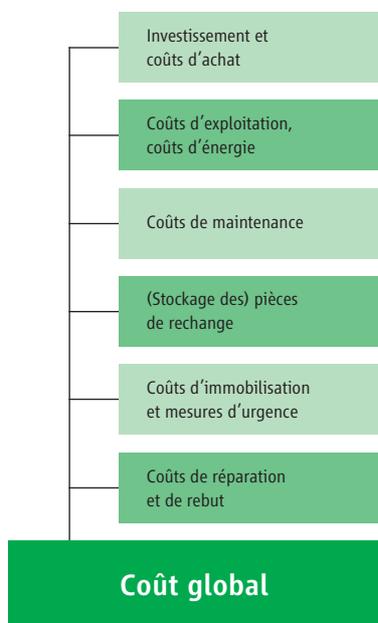


Figure 2: Coût global d'une pompe centrifuge

**2. CHOIX DU TYPE DE POMPES**

Sur les installations frigorifiques industrielles les pompes doivent convenir non seulement pour refouler le frigorigène en ébullition, mais aussi pour garantir un fonctionnement des plus fiables sans maintenance. A ceci s'ajoute depuis peu et de plus en plus des considérations de coût global (coût sur la durée de vie). Pour cette raison, les pompes centrifuges sont de plus en plus utilisées. Les pompes à canal latéral à roue radiale ne sont que faiblement utilisées en raison de leur sensibilité à l'encrassement et à l'usure qui en découle.

Les pompes centrifuges à bouchons obturateurs ou à garniture, utilisées dans le passé, ne conviennent que partiellement, face aux exigences de protection de l'environnement et aux considérations actuelles de coût global.

Lorsqu'aucune fuite de fluide n'est admise, comme c'est le cas sur les grosses installations, on utilise des garnitures de joint doubles dans lesquelles on insère un barrage liquide. Celui-ci lubrifie et refroidit les portées de joint. Cependant avec les fluides nocifs pour l'environnement, ce type de pompes s'avère coûteux, car les fuites du fluide dans l'atmosphère ne peuvent être évitées qu'avec l'adjonction de dispositifs de verrouillage et de contrôle onéreux.

En comparaison avec des pompes hermétiques, c'est à dire des pompes centrifuges sans joint d'arbre, le coût global des pompes à joints est sensiblement plus élevé. Le coût global inclut les coûts d'achat, d'exploitation (énergies), de réparations et de maintenance, ainsi que les temps d'arrêt. [Figure 2]

Pompes hermétiques pour l'industrie frigorifique

Dr. G. Feldle

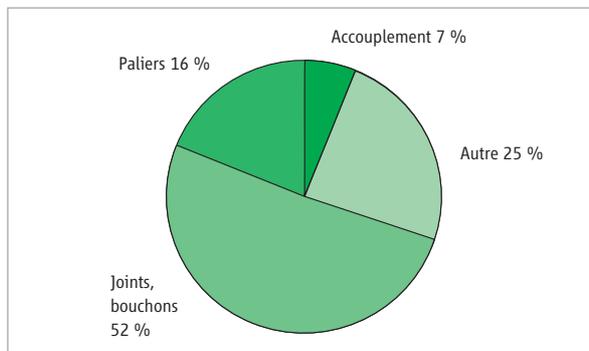


Figure 3: Causes de défaillances des pompes centrifuges conventionnelles

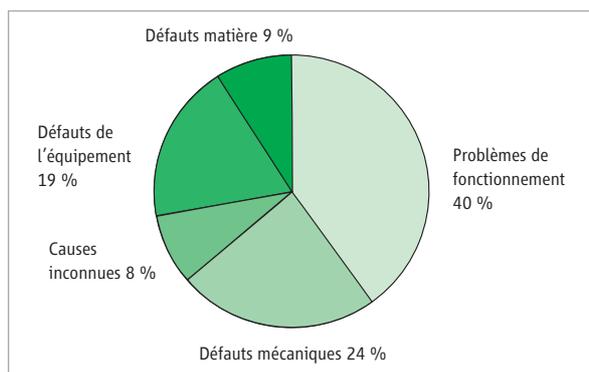


Figure 4: Repartition des défaillances liées aux joints sur des pompes centrifuges

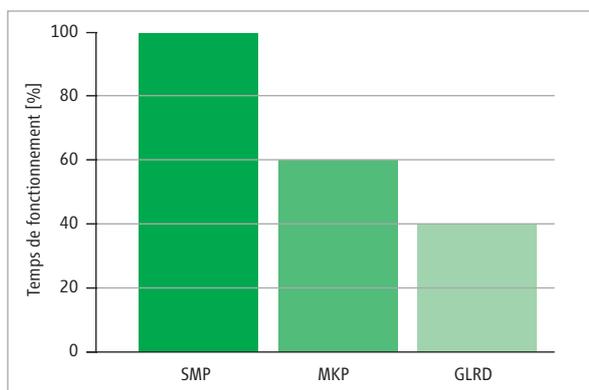


Figure 5: Temps de fonctionnement de différents types de pompes centrifuges

SMP Pompe à rotor noyé  
 MKP Pompe à accouplement magnétique  
 GLRD Pompes à joints plats

La figure 3 met en évidence la prédominance des joints dans les causes de défaillances avec une fréquence de 52%. Celle due aux roulements ou aux accouplements s'avère sensiblement inférieure. Si on observe plus en détail les causes de défaillances liées aux joints sur les pompes conventionnelles, on constate que les problèmes de fonctionnement, tels que les défaillances de l'installation ou les erreurs de manipulation se taillent la part du lion avec 40 %. [Figure 4]

**3. POMPES CENTRIFUGES HERMETIQUES**

Parmi les deux systèmes d'accouplement hermétiques :

- électromagnétique à rotor noyé
- à accouplement magnétique permanent

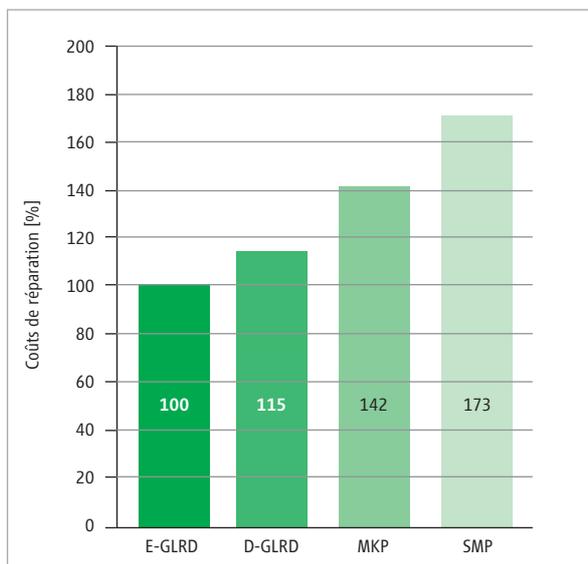
les pompes à rotor noyé se sont assurées une part de marché significative dans l'industrie frigorifique. Ceci est dû aux qualités propres de ces pompes, compactes, faciles à installer, peu onéreuses et surtout fiables.

Leur durée de fonctionnement est sensiblement meilleure que celle d'autres types de pompes [Figure 5] : Les pompes à accouplement magnétique ont une durée de fonctionnement de 60 % de celle des pompes à rotor noyé, les pompes conventionnelles 40 %.



Pompes hermétiques pour l'industrie frigorifique

Dr. G. Feldle



Les coûts de maintenance des pompes à rotor noyé sont plus élevés que ceux des autres pompes centrifuges. [Figure 6]

A contrario, la fréquence de réparation des pompes à rotor noyé n'est que de 1/3 de celle des pompes à joints plats ou des pompes à accouplement magnétique. [Figure 7]

De ce fait en règle générale, le coût global des pompes à rotor noyé est au plus bas !

Figure 6: Coûts de maintenance de différents types de pompes centrifuges

- SMP Pompe à rotor noyé
- MKP Pompe à accouplement magnétique
- E-GLRD Pompe à joint plat simple
- D-GLRD Pompe à joint plat double

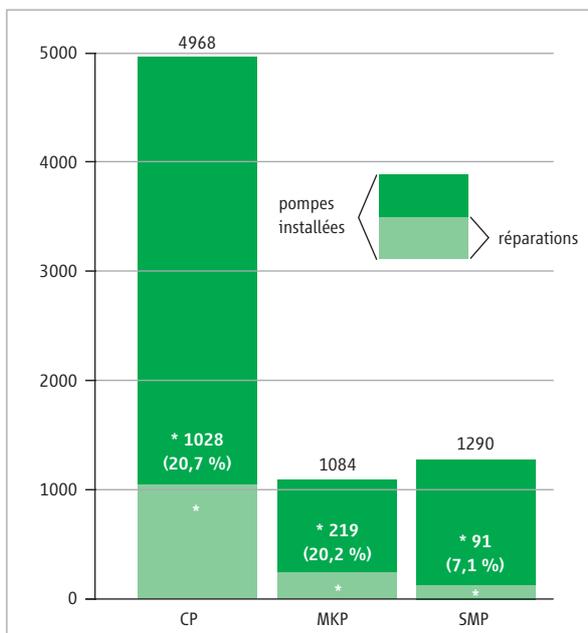


Figure 7: Nombre de réparations par types de pompes

- SMP Pompe à rotor noyé
- MKP Pompe à accouplement magnétique
- CP Pompe conventionnelle en chimie



Pompes hermétiques pour  
l'industrie frigorifique

Dr. G. Feldle

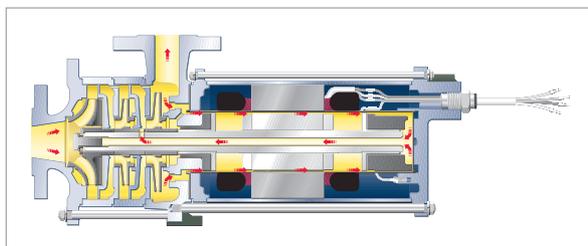


Figure 8: Pompe HERMETIC type CAM

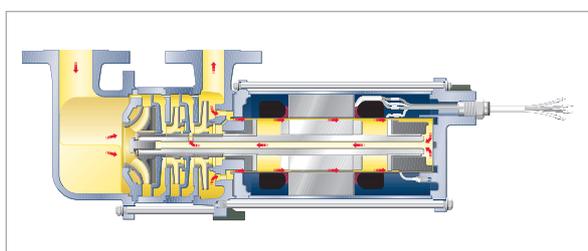


Figure 9: Pompe HERMETIC type CAMR

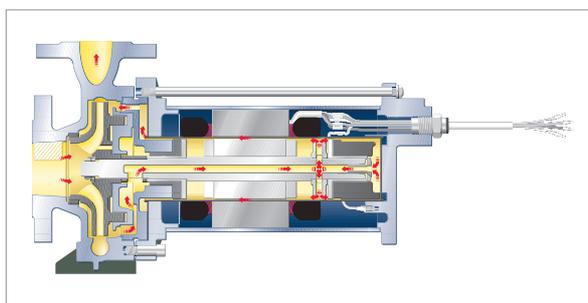


Figure 10: Pompe HERMETIC type CNF

**4. TYPES DE POMPES A ROTOR NOYÉ**

Sur les pompes à rotor noyé, la roue est montée sur l'arbre moteur. Le corps de pompe est directement monté sur le moteur. L'enroulement du stator de l'entraînement est séparé du fluide par un tube fin, la chemise d'entrefer. [Figure 8]

En fonctionnement la chambre du rotor est remplie par le fluide et constitue une unité intégrale compacte avec la partie hydraulique de la pompe. Le champ électromagnétique généré par le stator agit sur le rotor pour créer le couple d'entraînement. Du fait de l'unité de la pompe et du moteur, les pompes à rotor noyé ne nécessitent ni châssis ni socle particulier. De plus ce type de pompe se distingue par un niveau de bruit extrêmement faible. Le moteur est refroidi par le fluide; pour cela un courant de refroidissement est dévié du côté refoulement dans la chambre du rotor et, après refroidissement du moteur, refoulé par l'arbre creux entre la deuxième et la troisième roues dans une zone de plus forte pression. De cette manière, on évite la vaporisation du fluide de refroidissement.

La pompe **CAMR** à aspiration radiale est particulièrement adaptée aux installations compactes avec un petit réservoir. La possibilité de purge latérale permet une remise en route rapide après arrêt. La pompe peut être fixée sans coude directement sous le réservoir permettant ainsi un gain de place. [Figure 9]

De plus cette disposition a une influence positive sur le NPSH de la pompe.

Grâce à la constitution particulière du corps d'aspiration et à la disposition de l'orifice d'aspiration radial, la pompe ne décroche en dessous de 8 % de vapeur environ (pompage deux phases). Naturellement la présence gazeuse réduit considérablement le débit et la hauteur manométrique.

Pompes hermétiques pour  
l'industrie frigorifique

Dr. G. Feldle

Pour les plus gros débits de frigorigène on a, à côté des exécutions étagées, également recours à des pompes à étage unique avec une circulation particulière du courant de refroidissement. [Figure 10]

Sur cette série le courant de refroidissement est prélevé à la périphérie de la roue et reconduit du côté du refoulement, après avoir traversé l'arbre creux et l'entrefer du rotor. Une roue auxiliaire, à l'intérieur de la chambre du rotor sert à compenser les pertes de charges hydrauliques. Avec cette construction, la chambre du rotor est soumise à toute la pression de la pompe, toute évaporation du fluide se trouve ainsi exclue. La constance du courant de refroidissement, indépendant de la hauteur manométrique permet un refroidissement également constant sur l'ensemble de la courbe caractéristique.

L'exécution particulièrement soignée du corps moteur et des passages de câbles des pompes à frigorigènes des figures 8, 9 et 10 garantissent l'étanchéité aux fluides. De cette manière l'enroulement est protégé de l'eau de condensation et du givre et, en cas d'avarie et de détérioration de la chemise, aucune fuite de frigorigène dans l'environnement n'a lieu. Le givrage de la chemise par l'extérieur, tel qu'il peut se produire sur des pompes à entraînement magnétique n'est pas possible sur des pompes à rotor noyé. Ce gel peut conduire au blocage de la partie externe de l'entraînement, en particulier au démarrage. Pour des questions de maintenance, la chemise est réalisée en forme de pot sur tous les modèles. En cas de dégât sur le moteur, cette construction permet un accès facile à l'enroulement. Les réparations des enroulements peuvent ainsi être réalisées sur place, sans soudure de la chemise.

La construction hermétique impose l'utilisation de coussinets lisses lubrifiés par le fluide. Pour protéger les paliers et surtout la chemise des particules solides et des impuretés, le courant de refroidissement et de lubrification passe par un filtre circulaire. Pour tenir compte de la présence occasion-



Pompes hermétiques pour  
l'industrie frigorifique

Dr. G. Feldle

nelle de gaz dans la pompe, on utilise pour les paliers une matière disposant de bonnes propriétés de fonctionnement à sec. Des paliers carbone imprégné d'antimoine remplissent au mieux cette fonction. Sur les unités de fortes puissances, on utilise depuis peu des paliers carbure de silicium contre carbure de silicium résistant au frottement. Le bon dimensionnement des paliers permet d'atteindre des durées de fonctionnement remarquables. Les durées typiques atteignent 20'000 à 65'000 heures de marche, en fonction du type d'exploitation et de la présence gazeuse.

#### 5. PROTECTION DES POMPES AU MOYEN D'UNE SOUPE DE LIMITATION DE DEBIT

Le fluide frigorigène à transférer se trouve dans tous les cas en ébullition. Seules la charge d'aspiration installée et la colonne de fluide correspondante en entrée de pompe garantissent un fonctionnement sans cavitation. Ceci signifie que le NPSH de l'installation doit être supérieure à celui de la pompe. Selon que la pompe fonctionne à plus ou moins gros débit, le NPSH de la pompe peut atteindre une valeur interdite, susceptible de conduire à la cavitation. Pour permettre un fonctionnement fiable en permanence, l'installation sur le circuit des dispositifs suivants a fait ses preuves :

- Un diaphragme de débit minimum  $Q_{\min}$  ouvre un by-pass de retour dans le réservoir en cas de débit inférieur au minimum requis.
- Un diaphragme de débit maximum  $Q_{\max}$  sur le départ de pression bloque le débit lorsqu'il dépasse le maximum autorisé.

Le diaphragme  $Q_{\max}$  sur l'alimentation de pression a par nature un effet d'étranglement important, qui provoque des variations d'énergie calorifique indésirables.



Pompes hermétiques pour  
l'industrie frigorifique

Dr. G. Feldle

Le recours à une soupape de limitation de débit à la place du diaphragme  $Q_{\max}$  permet une perte sensiblement inférieure, pour la protection contre un dépassement de débit. La soupape de limitation de débit est un diaphragme  $Q_{\max}$  précontrainte par un ressort, qui régule jusqu'à une valeur de débit préréglée. Dans la plage de débit autorisée, la hauteur manométrique de la pompe est maintenue de façon à éviter les à coups d'énergie. La pompe se règle toujours sur la moyenne entre les caractéristiques de la pompe et de l'installation et les différents points de fonctionnement.

En outre ceci a souvent l'avantage de permettre l'économie d'un étage de pompe (dans le cas de pompes à plusieurs étages) et/ou de prévoir un moteur plus petit.

#### BIBLIOGRAPHIE

*Krämer, R.:*

Förderung von Kältemitteln mit hermetischen Kreiselpumpen  
(Transfert de frigorigènes avec des pompes centrifuges hermétiques)  
« Klima, Kälte, Heizung », Heft 9/85

*Wallace, N. M. David, T. J.:*

Pump reliability improvements through effective sales and coupling management  
(Amélioration de la fiabilité de pompe)  
Proceedings of the 15<sup>th</sup> international pump users symposium, HOUSTON 1998

*Krämer, R.:*

Hermetisch dichte Pumpen mit hoher Verfügbarkeit – eine wirtschaftliche Alternative zu Pumpen mit Gleitringdichtungen  
(Pompes hermétiquement étanches à haute disponibilité – Une alternative économique aux pompes à joints)  
« Pumpen + Kompressoren », Heft 2/95, Vulkan-Verlag, Essen

