

ETUDE SPECIALISEE

# Les pompes à rotor noyé API 685 – une contribution à la protection de l'environnement

Dr. G. Feldle



Les pompes à rotor noyé API 685 –  
une contribution à la protection de l'environnement

Dr. G. Feldle

## INTRODUCTION

La prise de conscience environnementale de ces dernières années a conduit à une évaluation des installations chimiques et pétrochimiques selon des impératifs plus stricts de protection de la santé et de sécurité. Les pompes centrifuges à rotor noyé, qui n'ont pas de garniture mécanique ni de passage d'arbre (et donc totalement étanches), constituent une contribution essentielle au respect de telles consignes. L'API 685 (American Petroleum Institute) est la spécification qui normalise la mise en œuvre des pompes étanches dans les raffineries de pétrole et la pétrochimie.

## LEGISLATION ENVIRONNEMENTALE

Suite à la directive 96/61/CE de l'Union Européenne du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction de la pollution (« directive IPPC »), et suite à la Loi fédérale allemande sur la protection contre les émissions polluantes de septembre 2002 et à la réglementation TA-Luft (juillet 2002), les émissions fugitives issues d'installations et de composants, comme par exemple la robinetterie et les pompes, ont été réduites de manière draconienne. L'objectif de la directive IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) est la prévention et la réduction de la pollution causée par les activités industrielles.

Le but est d'atteindre un haut niveau de protection de l'environnement (protection de l'air, de l'eau et du sol) et non de protéger l'air au détriment de l'eau par exemple. Les installations IPPC, pour parvenir à réaliser ces objectifs, doivent utiliser les « meilleures technologies disponibles ». Les valeurs limites d'émissions permises doivent se référer à l'usage de ces technologies. La directive IPPC 96/61/CE est donc l'instrument de l'Union Européenne pour l'harmonisation des procédures et conditions d'utilisation. Elle contient les règles de base pour les autorisations de production. Les autorisations dépendent, en partie, de l'utilisation de ces « meilleures technologies disponibles » (MTD).



Les pompes à rotor noyé API 685 –  
une contribution à la protection de l'environnement

Dr. G. Feldle

Dans l'Annexe IV de la directive, quelques 30 domaines sont référencés pour l'évaluation des meilleures technologies disponibles (notamment lors de l'emploi d'agents chimiques organiques et produits de raffinage). Vous trouverez la liste de ces meilleures technologies disponibles dans les notices d'information de la Confédération allemande des techniciens diplômés d'Etat (BVT). Les pompes centrifuges sans garniture mécanique sont désignées comme la meilleure technologie disponible pour la prévention et la réduction des émissions volatiles.

#### **LA TRANSPOSITION NATIONALE DE LA DIRECTIVE 96/61/CE DE L'UNION EUROPEENNE**

La transposition nationale des directives IPPC en République Fédérale d'Allemagne se traduit par la Loi relative à la protection contre les effets nocifs sur l'environnement produits par les pollutions de l'air, les nuisances sonores, les vibrations et autres phénomènes – dénommée Loi fédérale sur la protection contre les émissions fugitives (BlmSchG) du 26 septembre 2002. L'objet de cette Loi est de protéger les hommes, les animaux, la végétation, le sol, l'eau, l'atmosphère ainsi que le patrimoine culturel et autres biens matériels contre les effets nocifs sur l'environnement. Tout spécialement dans les installations industrielles soumises à autorisation comme les raffineries et les complexes pétrochimiques, cette loi vise également à la prévention et à la réduction des effets nocifs sur l'environnement produits par les émissions dans l'air, l'eau et le sol, y compris lors du traitement des déchets industriels. Elle permet ainsi d'atteindre un haut niveau de protection pour l'environnement et la prévention des dangers et nuisances majeures susceptibles d'être occasionnés dans ces sites industriels.



Les pompes à rotor noyé API 685 –  
une contribution à la protection de l'environnement

Dr. G. Feldle

## LA REGLEMENTATION TA-LUFT

La Loi fédérale sur la protection contre les émissions fugitives a donné lieu, à son tour, à la nouvelle réglementation TA-Luft de 2002 : ce premier décret est annexé à la Loi fédérale sur la protection contre les émissions, dénommée réglementation technique de la salubrité de l'air de juillet 2002. Lorsque la réglementation TA-Luft a été décrétée, on disposait des notices d'instruction de la Confédération allemande des techniciens diplômés d'Etat (BVT) et d'ébauches de notices d'information de la Commission Européenne élaborées dans le cadre des échanges d'informations des directives IPPC. Ces informations sont répertoriées dans les impositions de réduction des émissions fugitives de la nouvelle réglementation TA-Luft. La BImSchG énonce principalement les critères de prévention et de réduction des émissions fugitives lors de l'utilisation de produits chimiques organiques. Cela concerne les produits organiques cancérigènes couramment utilisés (comme l'oxyde d'éthylène, le phosgène, le chlorure de vinyle, le benzène, le butadiène, l'acrylonitrile, etc.) et réglementés par les données de concentration maximale admise dans l'environnement d'un poste de travail.

Il est impératif d'utiliser des pompes étanches, comme les pompes centrifuges à rotor noyé, les pompes à entraînement magnétique, ainsi que les pompes conventionnelles à garniture mécanique double avec fluide de barrage (TA-Luft, section 5.2.6.1) :

- Pompes hermétiques à rotor noyé. Etanchéité absolue grâce à la barrière d'étanchéité double (chemise d'entrefer et corps du moteur), aucun fluide de barrage nécessaire.
- Pompes à entraînement magnétique, simple barrière d'étanchéité (cloche d'entrefer), la garniture mécanique ou joint d'étanchéité secondaire au passage de l'arbre moteur doit être éventuellement surveillée, avec retraitement obligatoire du fluide de barrage si nécessaire.
- Garniture mécanique simple ou double avec fluide de rinçage ou de barrage, retraitement obligatoire de ce fluide.
- Garniture mécanique multiple avec étanchéité fonctionnant à sec, retraitement du gaz de barrage obligatoire.



Les pompes à rotor noyé API 685 –  
une contribution à la protection de l’environnement

Dr. G. Feldle

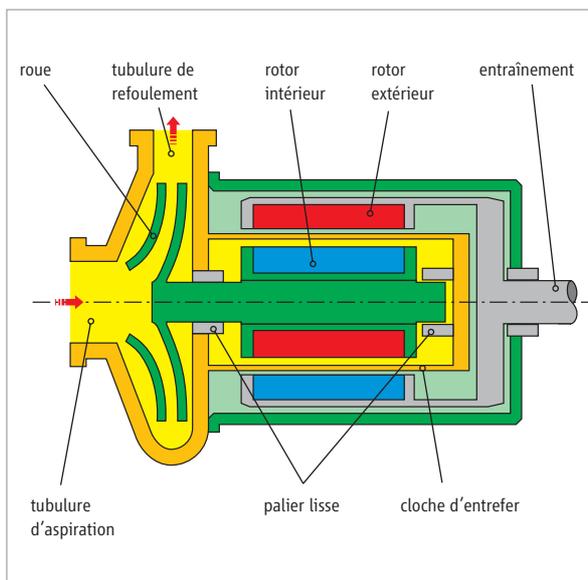


Figure 1 : Représentation schématique d'une pompe à entraînement magnétique

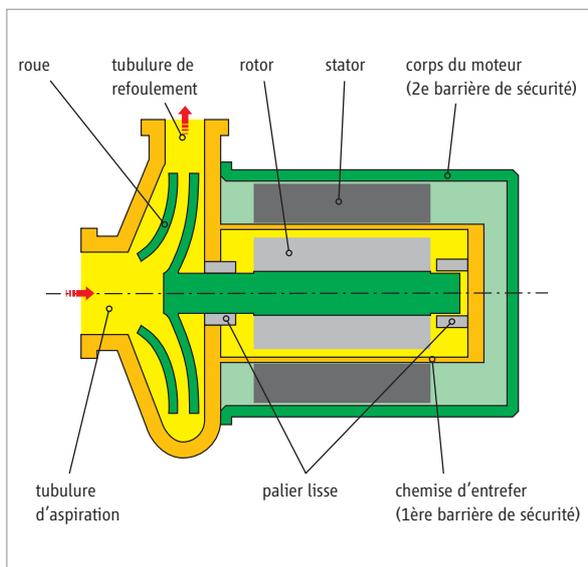


Figure 2 : Représentation schématique d'une pompe à rotor noyé

L'objectif est aucune fuite au niveau des joints dynamiques d'étanchéité au passage de l'arbre d'entraînement, les joints statiques ne sont toutefois pas soumis à une exigence particulière. Dans certaines circonstances, un changement d'équipement sera nécessaire avant Octobre 2007 (ex. passage d'une garniture simple à une garniture double).

**POMPES CENTRIFUGES SANS GARNITURE MECANIQUE**

Le point critique pour les pompes centrifuges conventionnelles est l'étanchéité au passage de l'arbre vers le corps de la pompe. Au niveau de ce passage d'arbre, pour des raisons de construction de la garniture mécanique, une légère fuite de liquide s'échappe, même si ce n'est pas toujours visible. Avec une garniture mécanique double, ce problème peut être résolu. Les pompes hermétiquement étanches, comme les pompes à rotor noyé ou les pompes à entraînement magnétique, offrent une plus grande sécurité, car elles n'ont pas le point faible que constitue le passage d'arbre; pour des raisons de construction, aucune fuite vers l'extérieur n'est possible. La singularité des pompes hermétiquement étanches réside dans le type d'entraînement. Sinon, ce sont des pompes « normales ». Contrairement aux pompes à rotor noyé, les pompes à entraînement magnétique ont un moteur extérieur conventionnel. La rotation du moteur est transmise sans contact à l'arbre de la pompe par des aimants . [Figure 1]

L'entraînement magnétique se compose d'un rotor intérieur et extérieur qui sont tous deux garnis d'aimants permanents. Le rotor intérieur se trouve sur l'arbre de la roue et est entraîné par le rotor extérieur qui se trouve lié à l'arbre du moteur. L'attraction magnétique entre les pôles provoque l'accouplement. L'étanchéité entre le rotor intérieur et extérieur est assurée par la cloche d'entrefer. La roue, le palier lisse et le rotor interne sont donc baignés dans le fluide à pomper.

L'entraînement (par exemple par un moteur électrique à pattes ou à bride) est séparé de la pompe. La force motrice est transmise à la roue de la pompe par le moteur extérieur grâce à l'accouplement magnétique. Lorsqu'on incorpore le



Les pompes à rotor noyé API 685 –  
une contribution à la protection de l'environnement

Dr. G. Feldle

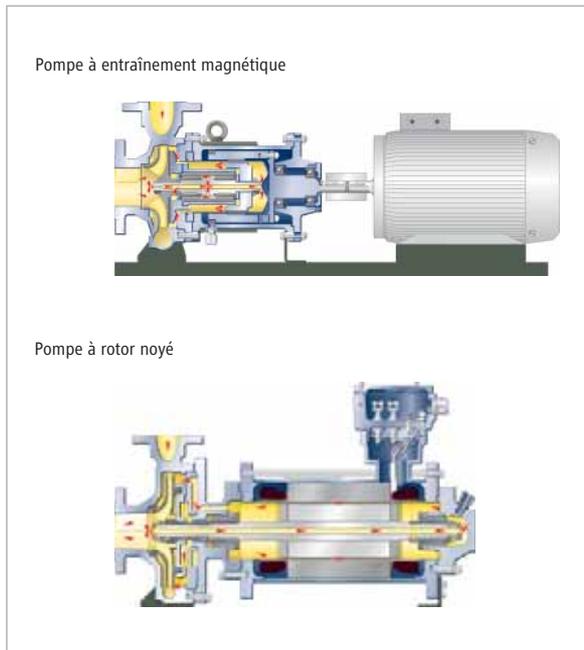


Figure 3 : Comparatif pompe à entraînement magnétique - pompe à rotor noyé

moteur dans la pompe, on peut renoncer au passage de l'arbre au niveau du corps. Un moteur électrique se compose, c'est bien connu, de deux éléments principaux : le rotor et le stator. Sur la pompe à rotor noyé, le rotor et le stator sont séparés l'un de l'autre par la chemise statorique ou chemise d'entrefer. [Figure 2]

Dans la chemise d'entrefer se trouve le liquide pompé, elle est donc humide. C'est là que se trouvent le rotor, l'arbre et les deux paliers lisses lubrifiés par le fluide. Le rotor est relié à la roue par l'arbre moteur. En-dehors de la chemise d'entrefer – et donc au sec – se trouvent le bobinage du moteur et les raccordements électriques.

On trouvera ci-dessous un bref comparatif des pompes centrifuges sans garniture mécanique. [Figure 3]

#### *Pompes à rotor noyé*

- Barrière d'étanchéité double : même dans les cas extrêmement rares de destruction de la chemise statorique, le liquide ne sort pas à l'extérieur, donc étanchéité à 100% !
- Pas de garniture mécanique simple ou double : grâce à la construction totalement étanche, les garnitures mécaniques (pièces d'usure très coûteuses) ne sont pas requises, d'où des valeurs de MTBF (Mean Time Between Failure) optimales, des coûts de maintenance réduits et une longue durée de service.
- Aucun liquide de lubrification et de barrage nécessaire : grâce à la construction sans garniture mécanique et aux paliers lisses lubrifiés par le fluide pompé, aucune installation coûteuse et complexe de lubrification et de refroidissement nécessaire.
- Construction compacte : grâce à la construction monobloc, aucun alignement de l'arbre moteur avec la pompe n'est nécessaire. En conséquence, il n'y a ni accouplement souple ni capot de protection de l'accouplement, et il n'y a pas non plus de châssis de construction encombrante et robuste nécessaire. Le gain d'encombrement est d'au moins 30% en longueur.
- Niveau sonore très réduit : sans accouplement, roulement et ventilateur moteur, le niveau sonore est bien inférieur au niveau habituel des autres types de pompe.

Les pompes à rotor noyé API 685 –  
une contribution à la protection de l’environnement

Dr. G. Feldle

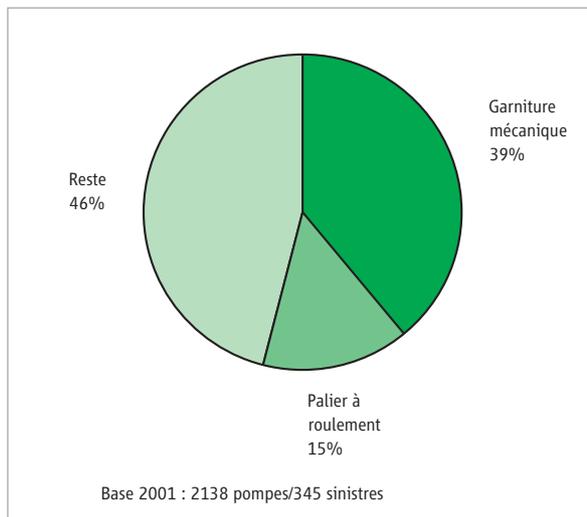


Figure 4 : Répartition des sinistres sur pompes centrifuges  
Source : Raffinerie Schwechat / OMV

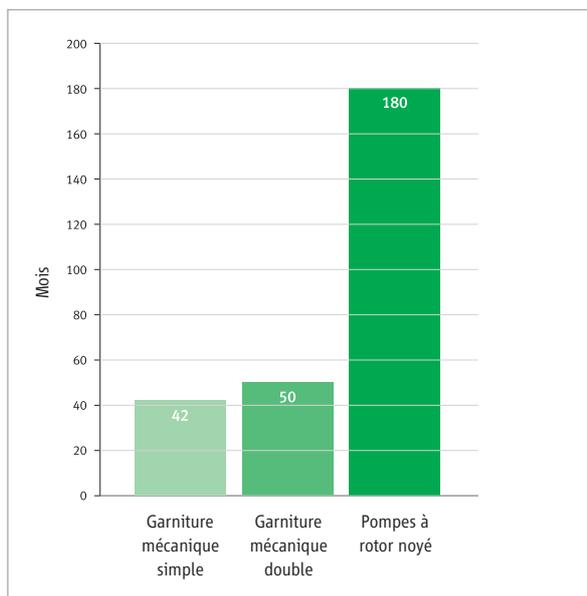


Figure 5 : Comparatif de MTBF des pompes conventionnelles et des pompes à rotor noyé

**Pompes à entraînement magnétique**

- Barrière de sécurité : en cas de détérioration de la cloche d’entrefer, des fuites vers l’extérieur sont possibles. Il n’y a pas de deuxième barrière de sécurité.
- Le moteur et la pompe sont séparés : la pompe et le moteur (si à pattes) doivent être alignés. Un châssis est nécessaire pour supporter le poids élevé du moteur et prévenir le risque de désalignement.
- Niveau sonore élevé : les roulements, l’accouplement et surtout le ventilateur moteur provoquent un haut niveau sonore, ce niveau correspond à celui des pompes centrifuges conventionnelles à garniture mécanique.

**LA NORME API 685**

Les premières pompes centrifuges à rotor noyé à puissance réduite, de conception simple, étaient des pompes de circulation de chauffage. Ce type de pompe a vraiment fait ses preuves, de telle sorte qu’en une décennie, les pompes centrifuges conventionnelles destinées à la circulation de l’eau chaude dans les centrales de chauffage ont été supplantées. Avec les pompes centrifuges conventionnelles, la part de sinistres dus à la garniture mécanique se situe aux environs de 39%, comme l’indique une analyse effectuée dans la raffinerie Schwechat. Sur une période de 10 ans, 2138 pompes ont ainsi été évaluées. [Figure 4]

D’autres statistiques issues d’une raffinerie allemande présentent la comparaison des valeurs de MTBF (Mean Time Between Failure) entre les pompes conventionnelles à garniture mécanique simple ou double et les pompes à rotor noyé. L’analyse est également le résultat d’une évaluation sur plusieurs années portant sur plus de 1000 pompes à garniture mécanique et environ 100 pompes à rotor noyé. [Figure 5]

Dans l’industrie de la chimie, les pompes à rotor noyé se sont imposées dès les années 30. Dans les installations pétrochimiques et les raffineries, elles commencent à être fort bien introduites, en raison de la législation environnementale mentionnée au début. La toute récente norme API 685,



Les pompes à rotor noyé API 685 –  
une contribution à la protection de l'environnement

Dr. G. Feldle

Edition 1 – Seal-less Centrifugal Pumps for Petroleum, Heavy Duty Chemical and Gas Industry Services, y contribue de manière décisive. Elle comble le manque de spécification pour les pompes sans garniture mécanique, tout comme l'API 610 l'a fait pour les pompes centrifuges conventionnelles. Le marché de l'API attendait depuis longtemps une telle normalisation afin de mettre en œuvre avec succès les avantages de la technique des pompes sans garniture mécanique, comme l'étanchéité totale, la sécurité de fonctionnement et la fiabilité d'usage.

Dans la figure 6, les différents domaines de traitement pour la transformation du pétrole et du gaz en produits chimiques, sont représentés schématiquement. Les transitions, et donc la mise en œuvre de pompes API et de pompes conformes aux normes chimiques ANSI et DIN ISO, sont continues au niveau de certaines interfaces. La norme API 685 est obligatoirement appliquée partout où, dans les raffineries, la pétrochimie et l'industrie gazière, certains paramètres de fonctionnement deviennent très contraignants. De plus, l'exploitant de l'installation ou le client final peuvent exiger la mise en œuvre de pompes API 685. Dans l'API 685, les règles de construction des pompes centrifuges sans garniture mécanique sont spécifiées. Outre la version de base, comprenant les accessoires, elles comportent également des exigences spécifiques relatives aux pompes centrifuges à rotor noyé. Celles-ci concernent particulièrement la conception, y compris l'étanchéité et l'entraînement moteur.

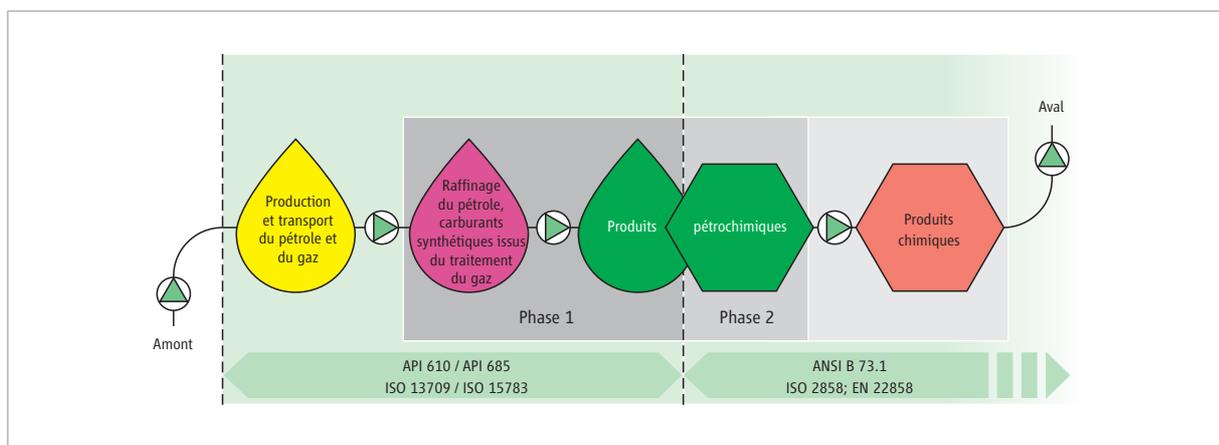


Figure 6 : Définition des domaines d'activité

Les pompes à rotor noyé API 685 –  
une contribution à la protection de l'environnement

Dr. G. Feldle

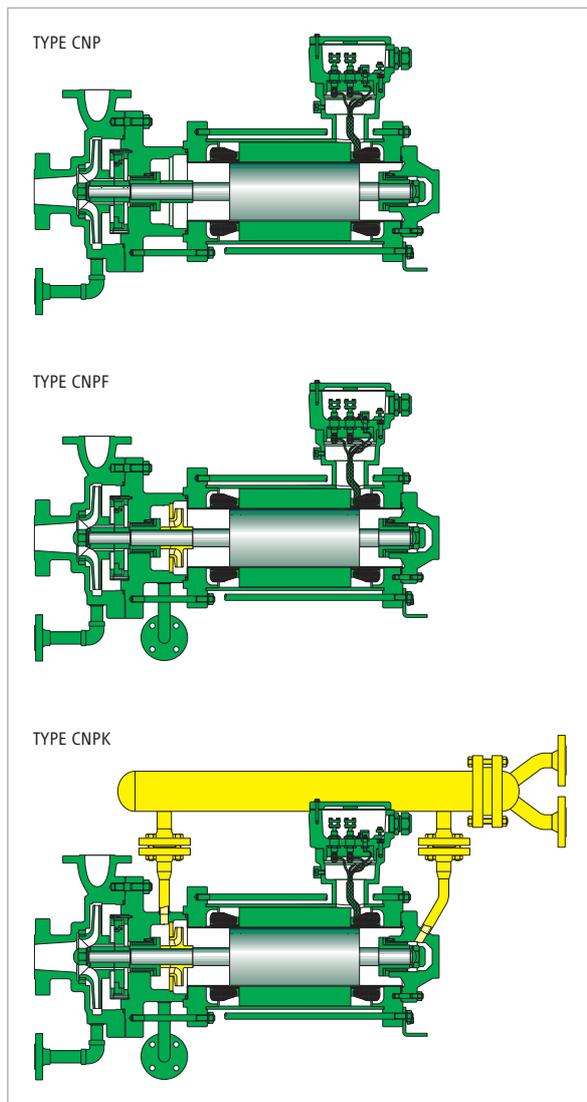


Figure 7 : Principe modulaire

### SYSTEME MODULAIRE

Afin de satisfaire aux exigences de coûts d'usage moins élevés outre les autres exigences déjà mentionnées, et d'autre part afin de minimiser le prix de revient, un système modulaire a été conçu pour les pompes centrifuges API 685. L'objectif est de garantir un maximum de versions de base et de variantes avec le moins de sous-groupes standard. Les sous-groupes standard sont composés de parties hydrauliques (corps de pompe, roue), moteurs à rotor noyé, adaptateurs et système de refroidissement externe (y compris tubulures). Ainsi, grâce à des combinaisons de construction pertinentes, on peut fabriquer les trois variantes de référence [Figure 7] :

- CNP Version de base
- CNPF Version gaz liquéfié
- CNPK Version haute température  
(avec système de refroidissement externe)

Les pompes à rotor noyé API 685 –  
une contribution à la protection de l'environnement

Dr. G. Feldle

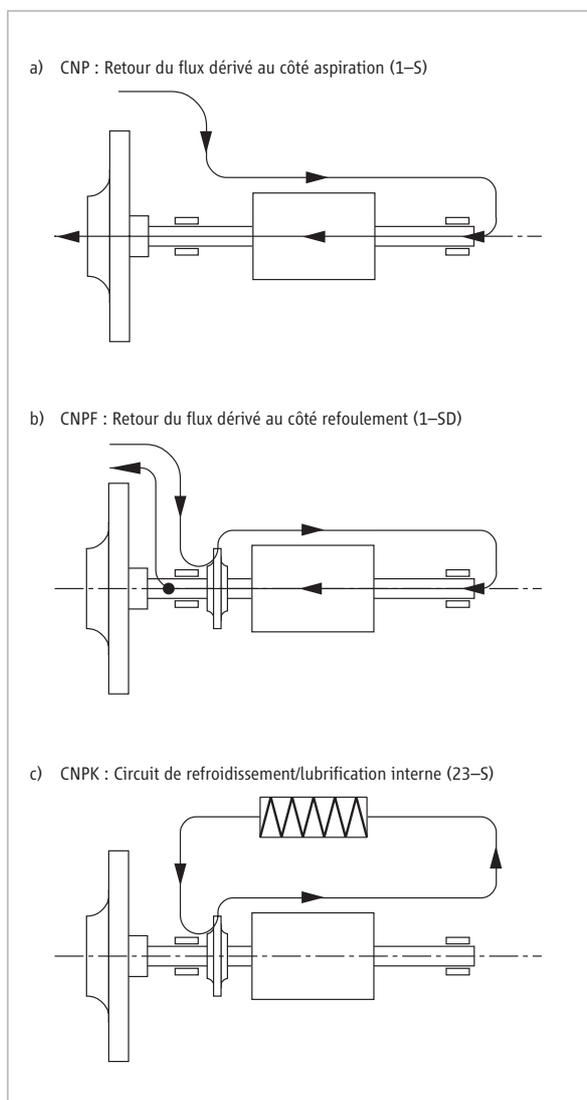


Figure 8 : Normes de tuyauterie selon API 685, Annexe D

Pour l'essentiel, ces versions se distinguent par les flux dérivés du circuit de refroidissement et de lubrification, qui sont définies dans l'API 685, à l'Annexe D. [Figure 8]

Pour les trois variantes de référence, voir les normes de tuyauterie 1-S (CNP), 1-SD (CNPF) et 23-S (CNPK).

*Mode de fonctionnement des trois variantes de référence*

Sur la version de base, le flux dérivé par un filtre annulaire à la périphérie de la roue sert au refroidissement du moteur et à la lubrification des paliers lisses. Après avoir traversé le moteur, il est renvoyé au travers de l'alésage de l'arbre vers l'aspiration de la pompe. Les fluides qui se trouvent, à la température de pompage, proches de l'ébullition, ou qui sont déjà en ébullition (par exemple les gaz liquéfiés), ne peuvent pas être pompés avec ce type de construction. Sur la version gaz liquéfiés, le flux également dérivé par un filtre annulaire à la périphérie de la roue, après avoir traversé le moteur, est renvoyé au travers de l'alésage de l'arbre du côté refoulement de la pompe. Une roue auxiliaire compense les pertes de pression produites et augmente la pression interne. Du fait du retour du flux dérivé du côté refoulement, au point correspondant à la pression maximale, on dispose d'une réserve de pression suffisante par rapport au point d'ébullition. Dans des conditions analogues, ce modèle peut aussi véhiculer des gaz liquéfiés avec une courbe de tension de vapeur exponentielle.

Sur la version haute température avec système de refroidissement externe, le fluide à pomper dans la chambre d'aspiration est entraîné directement par la roue vers l'orifice de refoulement. Une bague faisant office de barrage thermique empêche la transmission directe de la chaleur de la partie avant (corps de pompe) vers la partie arrière (moteur), et fait également office d'adaptateur entre les corps de pompe et plusieurs dimensions de moteurs. Les pertes calorifiques du moteur sont évacuées dans un échangeur de chaleur par un circuit de refroidissement/lubrification secondaire séparé. Ce circuit, animé par une roue auxiliaire interne, lubrifie également les paliers lisses.

Les pompes à rotor noyé API 685 –  
une contribution à la protection de l'environnement

Dr. G. Feldle

La série se compose d'une hydraulique de pompe à un étage avec construction selon l'API 610, Edition 9, qui est combinée avec la technologie fiable du moteur à rotor noyé selon l'API 685, Edition 1. L'agencement de la pompe au centre de l'axe (« center line ») avec tuyauterie de purge de corps fait partie de la version standard avec les brides aspiration et refoulement ANSI 300 lbs.RF. La norme API 685 couvre l'ensemble des applications des pompes centrifuges mono-étagée, avec des débits pouvant atteindre 800 m<sup>3</sup>/h et des hauteurs de refoulement allant jusqu'à 300 m. Les moteurs à rotor noyé sont disponibles jusqu'à une puissance de 325 kW. La série complète est certifiée selon ATEX 100a (directive CE 94/9/CE), et comprend également la version conforme à la protection antidéflagrante américaine UL (Underwriters Laboratories) .

Les pompes conviennent pour un usage intensif et sont donc conçues pour résister à la pression nominale obligatoire, suivant l'API, soit 50 bar (PN 50). L'hydraulique et le moteur sont soumis à une pression d'essai de 75 bar. Les matériaux sont conformes à l'Annexe H de l'API 685. Dans les industries pétrolières et pétrochimiques, quasiment tous les fluides propres sont pompés. Ces fluides pompés très variés comprennent :

- Les fluides à très faible viscosité (ex. solvants)
- Les fluides à tension de vapeur très élevée (ex. gaz liquéfiés)
- Les fluides à température négative ou très élevée :  
- 150 °C et +480 °C (ex. fluides caloporteurs)
- Les circuits à haute pression avec gaz liquéfiés ou fluides supercritiques

Outre les trois versions de construction standard, il existe



Les pompes à rotor noyé API 685 –  
une contribution à la protection de l'environnement

Dr. G. Feldle



Figure 9 : Version standard type CNP/CNPF



Figure 10 : Version standard type CNPK avec système de refroidissement externe

également des variantes qui peuvent être réalisées à partir d'un module standard. Les figures 9 et 10 représentent les versions standard CNP, CNPF et CNPK, et la figure 11, une pompe à rotor noyé montage vertical CNPFV composée à partir d'un groupe standard CNPF.

### RESUME

Les pompes centrifuges à rotor noyé sont considérées par la directive européenne IPPC 96/61/CE et les notices d'information du BAT qui en résultent comme « LA meilleure technologie disponible » pour le transfert de fluides dangereux et nuisibles pour l'environnement. Elles présentent aucune fuite et apportent donc une contribution essentielle à la protection contre les risques d'inflammation et d'explosion dans les sites classés sensibles. Grâce à l'utilisation d'un système modulaire flexible, il est possible de réaliser des transformations des pompes en place, d'obtenir des délais de livraison courts et des coûts d'usage très réduits durant le cycle de vie complet de la pompe.

### BIBLIOGRAPHIE



Figure 11 : Pompe process à rotor noyé verticale type CNPFV

Les pompes à rotor noyé API 685 –  
une contribution à la protection de l'environnement

Dr. G. Feldle

*Dr. R. Krämer*

API 685 Symposium, HERMETIC-Pumpen GmbH,  
14 octobre 2005

*D. Lau*

API 685 – seal-less technology in petrochemicals, oil & gas  
PUMP engineer, février 2004

*D. Lau*

API 685 – dichtungslos für Raffinerie und Petrochemie  
Delta p 1/2004

*Dr. G. Feldle*

Flexibilität hermetischer Pumpen durch modulares  
Baukastensystem  
Industriepumpen und Kompressoren, numéro 2/2002 Mai

*S. Liegat, D. Lau*

Dicht, zuverlässig und langlebig  
Delta p 4/2003

*G. Trommer*

Die richtige Balance  
PROCESS 1-2/2003

