

# Les 10 principaux destructeurs de pompes **et leur prévention**



*Œuvre d'art : « La pompe, le coeur de votre installation »*

Nos chères pompes centrifuges ne succombent que rarement à une mort naturelle. Nous consacrons, inutilement, beaucoup de temps et d'argent à la révision de pompes. Autant de ressources affectables, à meilleur escient, à la mise hors d'état de nuire des « destructeurs de pompes ». Au sein de KSB SupremeServ, nous partageons volontiers l'expérience et les connaissances que nous avons acquises pour conférer à nos pompes une longévité accrue et sans défaillance. Voici un aperçu de nos dix conseils salvateurs.

Par: Wim De Mesmaeker / KSB SupremeServ Belgium S.A.

# Sommaire

1. Fuite affectant une garniture d'échanéité d'arbre .....	3
2. Sélection erronée d'une ou plusieurs pompes .....	6
3. Cavitation .....	9
4. Pièces d'origine incertaine .....	16
5. Sélection erronée des matériaux .....	21
6. Présence d'air .....	24
7. Contraintes mécaniques .....	31
8. Rotation à sec, gel et circulation .....	34
9. Maintenance et alignement .....	38
10. Point de fonctionnement .....	46

# Destructeur de pompes n°1

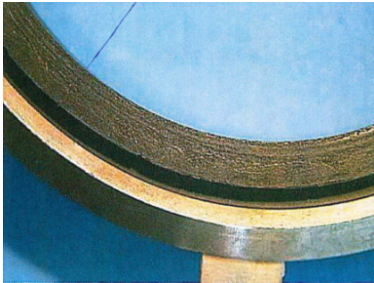
## Fuite affectant une garniture d'étanchéité d'arbre

Les fuites affectant une garniture d'étanchéité occupent la première place au classement des causes de défaillance des pompes. Pas moins de 75 % des pompes doivent leur mise hors service à la perte d'étanchéité d'une « garniture mécanique »

CAUSE	NOMBRE	% total
Roulements	25	10,50
Chambre basse	1	0,42
Bague d'usure	2	0,84
Roue courante	9	3,36
Boulons	1	0,42
Joint mécanique	179	75,12
Arbre	12	5,56
Chemise d'arbre	9	3,78
Total	238	100,00

Source : KSB SupremeServ Belgium S.A.

Nous savons tous qu'une garniture mécanique d'étanchéité doit demeurer opérationnelle (et étanche)



jusqu'à ce que le carbone, le carbure de silicium ou tout autre matériau d'usure accuse une dégradation prononcée. Toutefois, l'expérience nous a appris qu'une telle dégradation était pratiquement improbable et que la durée de vie utile était, d'ordinaire, sensiblement plus courte. Pour remplacer la garniture mécanique d'étanchéité défectueuse, nous faisons l'acquisition d'une nouvelle garniture relativement coûteuse dont la dégradation s'avère assez rapide.

Quel est le problème ?

L'achat de cette garniture neuve constitue-t-elle une perte de temps et d'argent ?

### Une longévité sans faille repose sur une procédure en quatre temps

À l'heure actuelle, la défaillance prématurée d'une garniture mécanique dont les surfaces de contact présentent une teneur élevée en carbone ou en tout autre matériau d'étanchéité est plutôt la règle que l'exception... Si nous exécutons à la lettre la procédure qui suit, près de 85 à 90 % des garnitures mécaniques connaîtront une usure normale. Aujourd'hui, leur pourcentage se situe dans une plage comprise entre 10 et 15 %.

### 1.1. Achat d'une garniture d'étanchéité adéquate et de bonne qualité

- Si un fabricant de pompes vous propose une garniture d'étanchéité, c'est parce qu'il sait pertinemment que cet article est le plus approprié. Expérimenter les innombrables garnitures d'étanchéité proposées

par une foule de distributeurs mène souvent à des aventures coûteuses, voire dangereuses.

- Servez-vous au besoin de garnitures hydrauliquement équilibrées, insensibles à la pression comme à la dépression (balanced seals [garnitures mécaniques compensées]).
- Efforcez-vous de poser un joint torique si votre garniture d'étanchéité doit comporter un élastomère. Les raisons pour lesquelles leur usage constitue la meilleure option sont légion.
- Servez-vous de garnitures d'étanchéité non comprimantes (évituez l'emploi de joints toriques en PTFE). L'usure de contact est une cause majeure de fuite prématurée des garnitures d'étanchéité.
- Utilisez des garnitures d'étanchéité stationnaires (dont les ressorts ne tournent pas avec l'arbre) car elles sont plus fiables que les garnitures d'étanchéité tournantes (dont les ressorts tournent).
- Si la garniture d'étanchéité comporte une série de petits ressorts, veillez à éviter tout contact avec le liquide. Sinon, ces derniers risquent de se gripper. Bon nombre de garnitures d'étanchéité sont insensibles à l'encrassement.
- Une large surface d'étanchéité dure s'avère excellente pour les mouvements radiaux qui caractérisent certaines applications de mélangeage ainsi que les garnitures d'étanchéité physiquement éloignées des paliers (p. ex. pompes verticales à arbre long).
- Servez-vous de garnitures qui permettent de maintenir le liquide à étancher à la périphérie de la garniture. Les forces centrifuges contraindront les corps solides à s'insinuer entre les surfaces rectifiées et en limiteront les mouvements en cas d'usure superficielle de la garniture d'étanchéité.
- Efforcez-vous de maintenir tout élastomère à l'écart de la surface d'étanchéité. Les joints toriques constituent la partie du dispositif d'étanchement la plus sensible à la chaleur. Par ailleurs, la température est la plus élevée à la hauteur des surfaces de contact de la garniture d'étanchéité.

## 1.2. Installation correcte de la garniture d'étanchéité

Les garnitures d'étanchéité à cartouche sont les plus simples à installer. L'obtention de la charge superficielle appropriée au niveau des surfaces de contact de la garniture d'étanchéité ne requiert l'exécution d'aucun réglage ni d'aucune mesure.

- Il est préférable que les doubles garnitures d'étanchéité à cartouche soient pourvues d'une bague de pompe intégrée. Si vous en avez la possibilité, mettez à contribution un liquide tampon (pression inférieure) entre les garnitures d'étanchéité afin de prévenir tout problème de dilution du produit. Abstenez-vous d'employer quelque type d'huile que ce soit comme liquide tampon en raison de la faible capacité thermique massique des huiles ainsi que de leur piètre conductivité (dissipation thermique).
- Veillez à ce que le dispositif d'étanchéité soit monté le plus près possible des paliers. En conséquence, les vibrations et la déflexion de l'arbre influenceront moins sur la durée de vie utile de la garniture d'étanchéité.
- Abstenez-vous de graisser les surfaces de glissement lors du montage. Veillez à maintenir tout corps solide à l'écart des surfaces rectifiées que présente la garniture d'étanchéité considérée (faites toujours preuve d'une grande méticulosité).
- Ne pas toucher la superficie des grains ! Toujours manipuler avec des gants la garniture mécanique.
- Les soufflets d'étanchéité en caoutchouc requièrent l'utilisation d'un lubrifiant spécial, conçu pour solidariser le soufflet avec l'arbre. Il s'agit à proprement parler d'un liquide à base de savon.
- Les soufflets d'étanchéité en caoutchouc requièrent un usinage de l'arbre ramenant sa rugosité moyenne arithmétique à 3,2 Ra ; sinon, l'adhérence du caoutchouc s'en trouvera compromise.
- En présence d'une pompe verticale, veillez à éliminer l'air interstitiel présent entre les surfaces de contact de la garniture d'étanchéité. Il n'est pas impossible que vous deviez installer un dispositif de désaéragage dans la mesure où le fabricant de pompes ne l'a jamais prévu. Bon nombre de garnitures d'étanchéité à cartouche sont dotées d'un orifice de ventilation incorporé susceptible d'être relié au côté aspiration de la pompe ou à un autre point basse pression au sein de l'installation (standard sur la version Cartex).

## 1.3. Préparation de la pompe au montage de la garniture d'étanchéité

- Veillez à un bon alignement entre la pompe et le moteur.
- Assurez-vous de la rectitude de l'arbre de la pompe.
- Évitez l'emploi d'une chemise d'arbre. Un arbre plein subit une déflexion moins importante et contribue dès lors à une durée de vie accrue de la garniture d'étanchéité (cela étant, le montage d'un manchon est préférable pour l'arbre en tant que tel).
- Évitez de soumettre les brides de la pompe à des contraintes mécaniques et autres forces superflues.
- Évitez les vibrations de toute espèce.
- Évitez toute forme de cavitation susceptible d'endommager non seulement la pompe, mais aussi la garniture d'étanchéité.
- Évitez les coups de bélier. Il est préférable d'arrêter ou de lancer la pompe en douceur au moyen d'un démarreur progressif ou VSD (variateur de vitesse) plutôt qu'à l'aide d'un DOL (démarreur direct).
- Veillez à ce que la plaque d'assise soit de niveau et scellée conformément aux recommandations du fournisseur. L'application d'un mortier sans retrait n'est une exigence ni superflue ni excessive.
- Veillez à ce que les paliers soient convenablement graissés ainsi qu'à l'absence de pénétration d'humidité et d'impuretés dans le corps des paliers. Procédez, dans la mesure du possible, à la pose de garnitures d'étanchéité labyrinthiques sur le carter d'huile pour conférer aux paliers une fiabilité accrue.
- Procédez à un contrôle des tolérances si la pompe est équipée de bagues d'usure.
- Évitez la présence d'air du côté aspiration de la pompe. Procédez à l'installation d'un boîtier d'étanchéité conique à désaéragage automatique et veillez à ce que la pompe puisse être purgée.

## 1.4. Optimisation du dispositif d'étanchéité

Nos garnitures d'étanchéité affichent une nette préférence pour les fluides d'arrosage propres et frais. Toutefois, nous ne fournissons que très rarement ce fluide. Il faut donc utiliser un fluide lubrifiant, propre et frais.

- En cas d'utilisation d'une garniture d'étanchéité réchauffée, il faut veiller à la propreté de la gaine. Les vapeurs et condensats sont les fluides les plus utilisés avec une enveloppe. Installez une bague en carbone à l'extrémité du presse-étoupe en guise de barrière technique. Cette bague contribuera à stabiliser la température qui règne au sein du presse-étoupe.
- L'opération de maintenance la plus pertinente consiste à dégorgier / rincer le dispositif. Cette opération entraîne une dilution du produit pompé en cas de fuite et, pour peu que vous utilisiez la garniture d'étanchéité adéquate, le débit requis sera faible. Quatre à cinq litres par heure (et non par minute !) devraient suffire à l'exécution satisfaisante des opérations de rinçage, refroidissement et lubrification.
- Abstenez-vous, en toutes circonstances, de laisser fonctionner une pompe à vide (fût-ce un instant).
- Refroidissez la région qui entoure le couvercle de la garniture d'étanchéité si la température du produit est trop élevée.

# Destructeur de pompes n°2

## Sélection erronée d'une ou plusieurs pompes

### Ou : la sélection des matériaux dépend du liquide à traiter

La sélection de la ou des pompes appropriées est loin d'être simple, d'où la multiplication des erreurs commises (que d'aucuns ont coutume d'appeler « Bad Actors » parce que ça sonne mieux). Après la réception de l'installation considérée, certains n'hésitent pas à se défaire, sur les services de maintenance, de tout problème éventuel, comme ils le feraient d'une patate chaude. Si la pompe présente de manière récurrente la même dégradation, sa durée moyenne de fonctionnement avant défaillance (MTBF) devient inacceptable, les coûts vont croissant et le service de maintenance est régulièrement sollicité alors qu'en réalité il n'a guère d'autre option que de réparer à nouveau.

Diverses analyses auxquelles se sont livrés bon nombre de fabricants et bureaux d'étude ont révélé que certaines options d'amélioration pouvaient se traduire par une réduction de plus de 60 % de la consommation d'énergie ainsi que par une augmentation de la disponibilité / fiabilité. Si certaines adaptations se rentabilisent en peu de temps, d'autres ne s'avèrent judicieuses qu'en cas de remplacement indispensable des pompes ou de construction nouvelle de l'installation. Plusieurs options à haut potentiel économique et questions majeures récurrentes sont abordées ci-après.

## Sélection des pompes

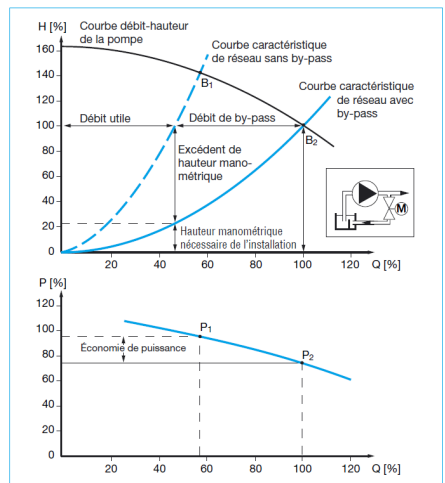
Seules deux options sont envisageables en fonction du principe de fonctionnement des pompes considérées : pompes centrifuges (part de marché voisine de 80 %) et pompes volumétriques. Dans le meilleur des cas, la sélection s'effectuera en fonction des propriétés du liquide à acheminer (viscosité, poids spécifique, pression de vapeur, propriétés chimiques, éléments fixes, structure, etc.) ainsi que des exigences auxquelles doit satisfaire la pompe (caractéristique de la pompe, hauteur de refoulement requise, débit, etc.)

Hélas, le prix fait encore souvent la différence ou bien un fabricant propose un équipement moins adapté parce que sa gamme de produits ne présente pas la pompe requise.

## Comment choisir la pompe adéquate ?

Cette sélection n'est envisageable que si vous connaissez les conditions d'exploitation :

Courbe caractéristique d'une pompe : le diagramme ci-après illustre la courbe caractéristique d'une pompe KSB Etanorm. Cette courbe rend compte de la relation entre le débit et la hauteur de refoulement. Pour sélectionner une pompe adéquate, il faut impérativement connaître la caractéristique du système. Cette caractéristique établit la relation entre le débit à travers un système et la perte de charge (statique et dynamique) subie au sein de ce système. L'intersection entre la courbe caractéristique du système et la courbe caractéristique de la pompe coïncide avec le point de fonctionnement de la pompe.



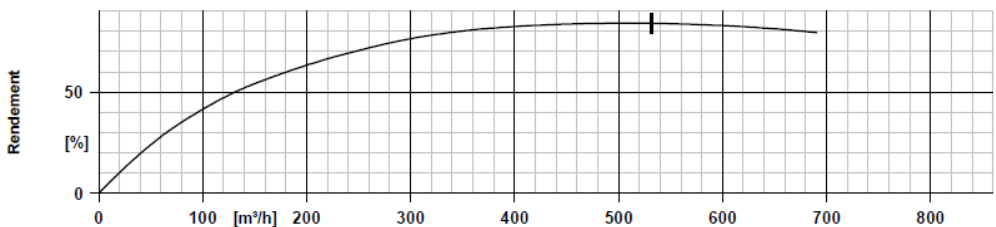
Il est important que le point de fonctionnement de la pompe se situe dans la plage de fonctionnement de cette dernière. Si ce point se situe trop à gauche ou à droite de cette plage, la durée de vie utile de la pompe en pâtira. Il est préférable de sélectionner une pompe dont le point de fonctionnement soit le plus proche possible du point de rendement maximal (BEP) comme c'est le cas à l'intersection avec la courbe caractéristique du système A sur l'illustration de la page précédente.

Si le point de fonctionnement est largement déporté vers la gauche ou la droite sur la courbe caractéristique de la pompe (à l'intersection avec la courbe caractéristique du système B) que présente la figure, la pompe se situe en dehors de la plage de fonctionnement lorsqu'elle est en exploitation. Ce déport excessif se traduit non seulement par un piètre rendement de la pompe, mais aussi par l'exercice de forces radiales extrêmes au sein de la pompe ainsi que par une NPSHreq (hauteur de charge nette absolue requise) supérieure. Nous y reviendrons ultérieurement. En conséquence, la durée de vie utile de la pompe s'en trouve sensiblement diminuée. C'est la raison pour laquelle l'établissement de la courbe caractéristique du système constitue une étape importante du processus de sélection d'une pompe. Diverses études ont révélé que le point de fonctionnement de bon nombre de pompes s'écartait largement de la plage d'utilisation d'une pompe. Outre une consommation d'énergie supérieure, la pompe souffre d'une usure accrue qui en réduit la longévité.

Moteur électrique : l'entraînement de la plupart des pompes est assuré par un moteur électrique (à l'exception des systèmes d'entraînement diesel ou à vapeur). Outre la classe de rendement, il est important de savoir que le rendement d'un moteur électrique est susceptible de diminuer sensiblement, en particulier en cas de fonctionnement à charge partielle. La classe IE d'un moteur en indique le rendement. Par conséquent, lors du remplacement de toute pompe, sélectionnez un moteur électrique dont la classe IE est la plus élevée possible. Depuis janvier 2017, le moteur SuPremE de KSB satisfait aux critères les plus rigoureux de classification d'efficacité énergétique IE5 (IEC/TS 60034-30-2) auxquels doivent répondre les moteurs électriques à vitesse variable. Par rapport aux moteurs IE4, ce moteur électrique se distingue par une diminution des pertes de l'ordre de 20 %.

Rendement de la pompe : à l'instar d'un moteur électrique, une pompe affiche aussi un certain rendement. La sélection judicieuse de la pompe voulue (corps de pompe adapté au diamètre du rotor) se traduit par la réalisation d'économies d'énergie significatives. En outre, la soumission de la pompe à une charge optimale aura pour effet d'en optimiser la durée de vie utile.

Ci-après figure la courbe de rendement caractéristique d'une pompe KSB Etanorm dont le rendement s'élève à près de 83 % au point de rendement maximal (BEP).



Variation de vitesse : Les vannes de régulation qui équipent de nombreux systèmes permettent d'influer sur leur débit. La résistance au flux qu'opposent ces vannes de régulation en fait de grandes consommatrices d'énergie. En revanche, l'adoption d'un variateur de fréquence permet d'influer sur la capacité de la pompe et permet, d'obtenir un résultat équivalent en consommant moins d'énergie. La régulation du régime de la pompe permet de modifier la courbe de la pompe et ce faisant, de déplacer le point de fonctionnement le long de la courbe du système. Cette faculté permet d'adapter la capacité de la pompe à l'évolution du système.



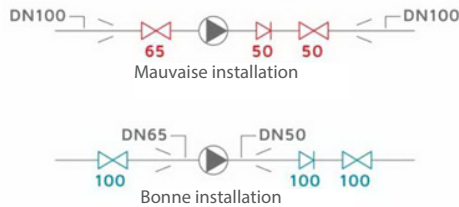
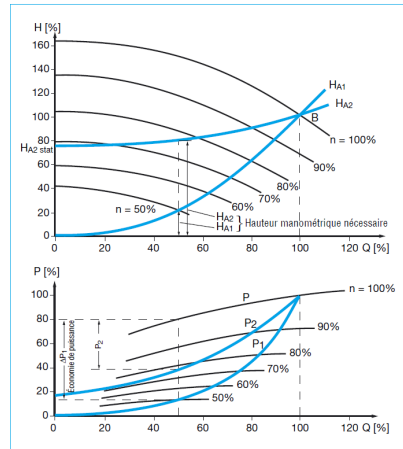
La figure illustre la courbe de régime d'une pompe KSB Etaline.

En cas d'utilisation d'un dispositif de régulation du régime, il est important de veiller à l'adaptation à la fois des courbes du système et de la pompe, à pleine charge comme à charge partielle.

Accessoires montés en amont et en aval de la pompe :

Le diamètre des raccords d'aspiration et de refoulement montés sur une pompe est généralement inférieur à celui de la canalisation requise. Par conséquent, le montage d'une réduction ou d'un manchon réducteur est indispensable. Une erreur fréquente consiste à monter les accessoires requis entre la réduction et la pompe. En raison de leur diamètre inférieur, ces accessoires sont moins onéreux. Mais la vitesse du liquide traversant ces accessoires entraîne toutefois une perte de charge supérieure (faible valeur Kv). Cette perte de charge supplémentaire se traduit par une augmentation de la consommation d'énergie de la pompe.

Comme la figure ci-après en fournit l'illustration.



Le montage des accessoires le long de la partie de la canalisation dont la section est plus élevée a pour effet d'accroître le budget consacré aux accessoires. Mais les économies d'énergie réalisées par la suite permettront de rentabiliser rapidement l'investissement consenti.

Nous reviendrons sur la pose des canalisations et sur l'influence qu'elle exerce sur la pompe, parce qu'elle compte également au nombre des destructeurs majeurs de pompes.

En attendant, nous vous invitons à vous pencher sur la photo qui suit...



# Destructeur de pompes n°3

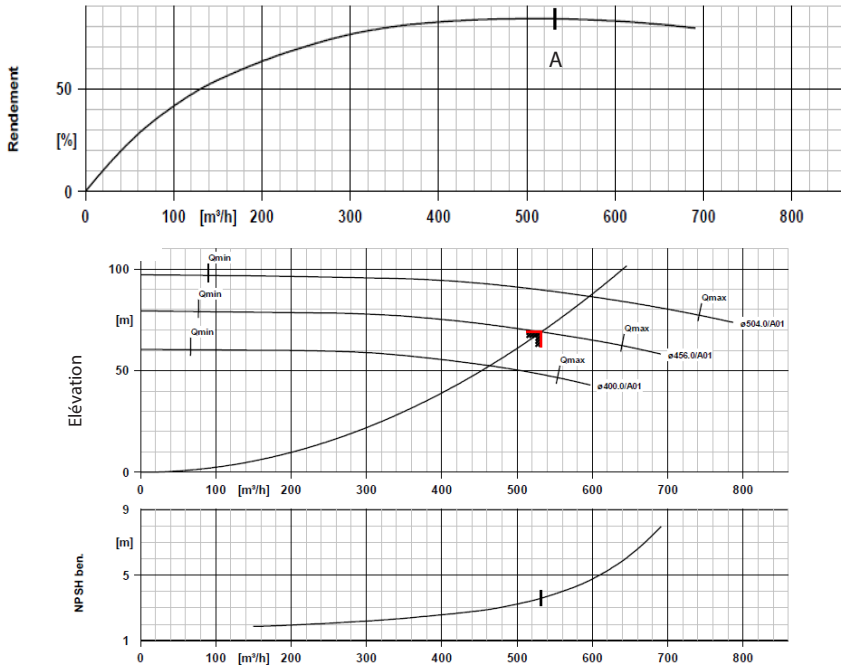
## Cavitation ou NPSH (Hauteur de Charge Nette Absolue) à la fois la clé et la serrure

Fort heureusement, la cavitation n'est pas une tueuse « silencieuse » : un bruit excessif suggérant la « présence de billes dans le corps de pompe » en est l'un des symptômes. De plus, cette tueuse laisse des traces manifestes de son action dévastatrice. Formation de cratères ou de piqûres à la surface des pales du rotor ou du corps de la pompe ? Variations de pression visibles sur le cadran d'un manomètre ? Variations de pression inexplicables au sein de la tuyauterie de refoulement ? Vibrations excessives ?

D'autre part, la cavitation est un phénomène que d'aucuns invoquent à tort et à travers pour expliquer la manifestation d'anomalies dont la cause est imputable à d'autres facteurs.

C'est pourquoi nous en avons dressé une liste claire :

Toute pompe centrifuge se caractérise par un débit et une hauteur de refoulement spécifiques. Pour identifier ce point de conception, il suffit d'étudier l'évolution du rendement de la pompe considérée en se penchant sur sa courbe. Le point de conception de la pompe coïncide avec le point de rendement le plus élevé.



Si la sélection de la pompe peut s'opérer en fonction du point de rendement le plus élevé, alors la pompe retenue permettra d'atteindre les durées de fonctionnement les plus longues et les coûts énergétiques les plus faibles (BEP = Best Efficiency Point [point de rendement maximal]).

Dans la pratique, nous observons souvent que la pompe retenue fonctionne en dépit d'une sélection opérée selon d'autres critères que ce point.

Ainsi, nous relevons régulièrement la sélection de pompes trop petites (pour réduire les coûts) ou trop grandes pour avoir la certitude d'une capacité suffisante (voire supérieure à l'avenir). Cette sous-estimation ou la surestimation des débits indispensables se traduira par la fourniture d'une pompe qui, concrètement, ne respecte pas les valeurs NPSH que nous en attendons.

En outre, il peut arriver que le calcul des pertes de charge soit inexact. Si les pertes de charge théoriques s'avèrent supérieures aux pertes de charge réelles, le point de fonctionnement glissera vers la droite sur le diagramme. La détermination/calcul des pertes de charge ne présente aucune difficulté majeure. Vous en trouverez l'explication plus loin, via le menu. Comme le laisse présager cette « destructrice », les conséquences sont sérieuses. Une pompe dont le fonctionnement se situe trop à droite ou à gauche par rapport à sa courbe caractéristique pâtira à brève échéance d'une baisse de rendement appréciable. En outre, la NPSHreq (hauteur de charge nette absolue requise) sera supérieure, en augmentant dès lors le risque de cavitation.

## Cavitation, le phénomène

La cavitation se définit comme la formation de cavités dans un liquide en mouvement lorsque la pression statique de ce liquide devient inférieure à une valeur critique, voisine de la tension de vapeur. Dans les zones où la pression statique est basse, autrement dit côté aspiration, on assiste à la formation de bulles de gaz. Ces bulles de gaz sont entraînées par le liquide pompé vers les zones où la pression est plus élevée (microjets). Leur implosion équivaut à un effondrement rapide (millisecondes) des bulles de gaz et s'accompagne de la manifestation de coups de pression susceptibles d'atteindre 20.000 bars. Les parois du corps de la pompe et les pales du rotor sont alors soumises à l'action érosive d'ondes de pression (20 kHz) qui en rongent la surface.

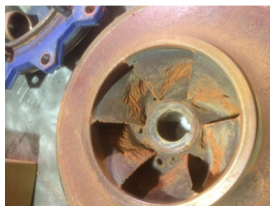
La cavitation est un processus évolutif. En cas de dégradation restreinte, les parois de la roue présentent une structure poreuse à spongieuse. Le débit et le rendement de la pompe diminuent. En cas de dégradation sérieuse, la roue est susceptible d'être détruite au bout de quelques jours.

### Symptômes de cavitation :

- Baisse et variation du débit ainsi que de la pression de refoulement
- Vibrations et bruit : léger bruissement à crépitement ou roulement intense. Le bruit n'est pas sans rappeler celui de coups de marteau (métal contre métal) et il se distingue clairement de celui que font les bulles d'air en suspension dans le liquide pompé.

Pour prévenir la vaporisation du liquide, il faut veiller à ce que la hauteur d'aspiration et les pertes de charge relevées dans la canalisation d'aspiration ainsi que dans le conduit d'aspiration de la pompe ne soient pas trop importantes ->NPSH Av (Available = disponible). En cas de pompage de liquides chauds, on veillera à ce que la pompe soit en charge parce que la pression de vapeur accrue est défavorable.

Dans la pratique, la hauteur d'aspiration admise pour une pompe déterminée est indiquée par le fabricant, lequel a recours à un concept technique, celui de la « net positive suction head », NPSH req en abrégé, [hauteur de charge nette absolue requise à l'aspiration].



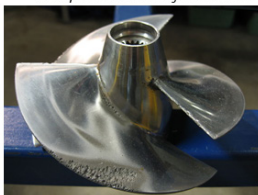
*Pompe à rotor fermé*



*Pompe auto-amorçante à rotor ouvert*



*Pompe submersible à rotor vortex*



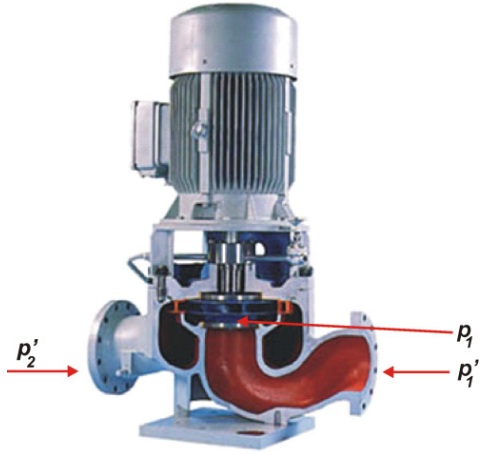
*Pompe à rotor axial*

# NPSHreq vs. NPSHAv

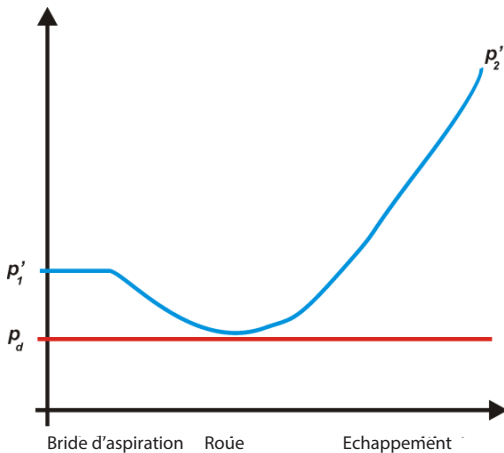
Penchons-nous sur une pompe centrifuge. Au niveau de la bride d'aspiration, il y a la pression  $p'_1$  et au niveau de la bride de refoulement, la bride  $p'_2$

La pression statique évolue au sein de la pompe considérée comme le montre la figure ci-après. Cette figure rend également compte de la pression de vapeur  $p_d$  du liquide à température ambiante. La droite de pression de vapeur que présente la figure est susceptible de croiser ou non la courbe d'évolution de la pression qui règne au sein de la pompe. Si la droite de pression de vapeur croise la courbe d'évolution de la pression, la cavitation est inévitable.

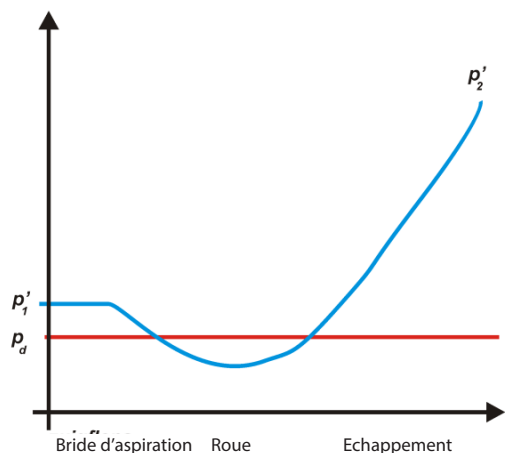
L'utilisateur est à même de calculer la pression statique  $p'_1$  mais pas celle qui règne immédiatement en amont du rotor. Pourquoi ? Après la pénétration du liquide considéré dans la pompe par sa bride d'aspiration, ce dernier subit encore une perte de charge lors de son acheminement jusqu'au rotor. Cette perte de charge est imputable aux chocs contre les parois et le rotor ainsi qu'aux frottements, au resserrement des conduits de la pompe, etc. C'est au fabricant qu'il appartient d'indiquer la valeur précise à laquelle doit s'élever la pression statique  $p'_1$  mesurée au niveau de la bride d'aspiration pour que l'on n'assiste à la manifestation d'aucun phénomène de cavitation.



À cet égard, l'expression anglo-saxonne « Net Positive Suction Head » - NPSH, renvoie à un premier concept utile. Dans les pays francophones, on parle de hauteur de charge nette absolue à l'aspiration. L'utilisateur calcule la pression totale à l'entrée de la bride d'aspiration avant de la convertir en mètres (de colonne liquide), en la divisant tout simplement par le produit



Sans cavitation



Avec cavitation

Évolution de la pression

En réalité, l'utilisateur calcule la NPSHav disponible, l'indice « av » renvoyant au terme « available » [disponible]. Par conséquent, le liquide acheminé par l'utilisateur jusqu'à la bride d'aspiration de la pompe aura été porté à une pression totale déterminée, certes exprimée en mètres.

Bien. Mais cela ne veut pas dire pour autant que l'on n'assistera à aucun phénomène de cavitation. C'est la raison pour laquelle, le fabricant se doit d'indiquer la pression requise pour prévenir la cavitation. Cette valeur sera fournie par l'expression NPSHreq (pression requise), l'indice « req » renvoyant au terme « required » [requis]. À cette fin, le fabricant doit procéder à l'exécution de mesures relativement complexes au sein de la pompe considérée. En fait, il doit déterminer la perte de charge à l'entrée ; en d'autres termes, la perte de charge subie entre la bride d'aspiration et le point de plus basse pression à l'entrée du rotor.

En pratique, il faut veiller à ce que la NPSHav (disponible) soit toujours supérieure au NPSHreq (requis) si l'on prétend éviter toute cavitation. Nombre de professionnels ne se privent pas d'appliquer une marge de sécurité :  $NPSHav > NPSHreq + 0,5 \text{ mcl}$  (mètres de colonne liquide)

À titre d'exemple, considérons la situation illustrée par la figure ci-contre.

La pression statique qui règne à la hauteur de la bride d'aspiration de la pompe est donnée par l'expression :

$$p'_1 = p_a - \rho \cdot g \cdot H_z - p_{wz} - \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c_1'^2$$

La pression totale qui règne à la hauteur de la bride d'aspiration de la pompe s'élève à :

$$p'_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c_1'^2$$

Si nous soustrayons à présent la pression de vapeur du liquide de cette pression totale, nous obtenons précisément la pression totale résiduelle que nous pouvons encore perdre à l'entrée de la pompe ; autrement dit, entre la bride d'aspiration et le point de plus basse pression situé à l'entrée du rotor.

Il s'agit de la pression nette disponible :

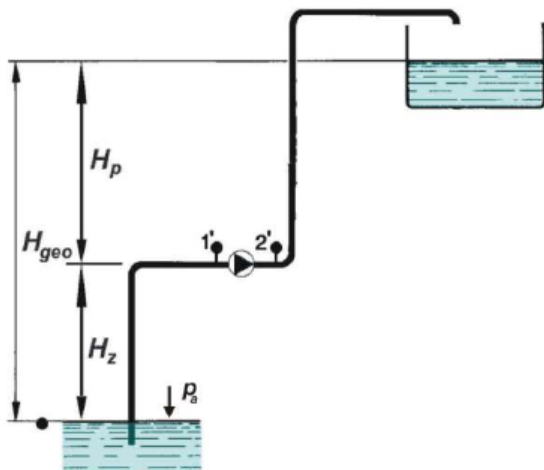
$$p'_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c_1'^2 - p_d$$

Et si nous convertissons cette dernière en mètres (de colonne liquide), nous obtenons une hauteur NPSHav indépendante de la nature du liquide acheminé, car la variable  $\rho$  n'apparaît plus dans son expression :

$$NPSH_{av} = \frac{p'_1}{\rho \cdot g} + \frac{1}{2} \cdot \frac{c_1'^2}{g} - \frac{p_d}{\rho \cdot g}$$

La valeur NPSHreq communiquée par le fabricant permet d'en déduire l'importance de la perte de charge résiduelle au sein de la pompe, l'objectif étant bien entendu de porter notre NPSHav à une valeur plus élevée, grâce à la marge dont nous disposons.

Malheureusement, il n'est pas toujours possible de réduire la cavitation de la sorte, en toutes circonstances et dans toutes les installations. Fort heureusement, nous avons encore un certain nombre d'atouts dans notre manche...



# Lutte contre la cavitation

La cavitation se distingue par un bruit caractéristique et un rendement irrégulier (pression et débit) qui permettent de l'identifier. Que pouvons-nous faire en pareil cas ?

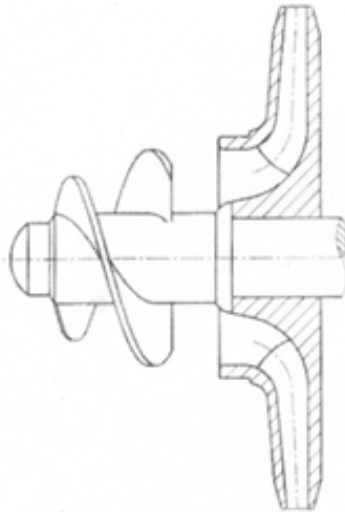
- Réduire la tension de vapeur  $p_d$  en abaissant la température du fluide pompé.
- Augmenter la pression qui règne à la hauteur de la bride d'aspiration :  
En rehaussant le niveau du réservoir d'aspiration ou en installant la pompe à un niveau inférieur.  
En augmentant la pression qui règne dans le réservoir d'aspiration.
- Réduire la résistance au flux qu'oppose la canalisation d'aspiration en augmentant sa section, en réduisant le débit, en nettoyant le filtre d'aspiration, etc.

Toute soupape d'étranglement affectée à la régulation du débit se monte sur la canalisation de refoulement, jamais sur la canalisation d'aspiration (attention, cette recommandation ne s'applique qu'aux pompes non volumétriques !)

- Adapter le débit de manière à réduire la hauteur NPSHreq
- Adapter la pompe : choisir une pompe dont la valeur NPSHreq est inférieure, opter pour un régime inférieur et partant, pour une pompe de plus grande capacité...

Dans certaines situations, on ne peut exclure tout phénomène de cavitation. En pareil cas, il faut opter pour des matériaux durables tels que la fonte alliée au chrome, au nickel-chrome ou au nickel-chrome-molybdène. Les matières synthétiques sont moins sensibles à la cavitation que les métaux.

- Utiliser des ...

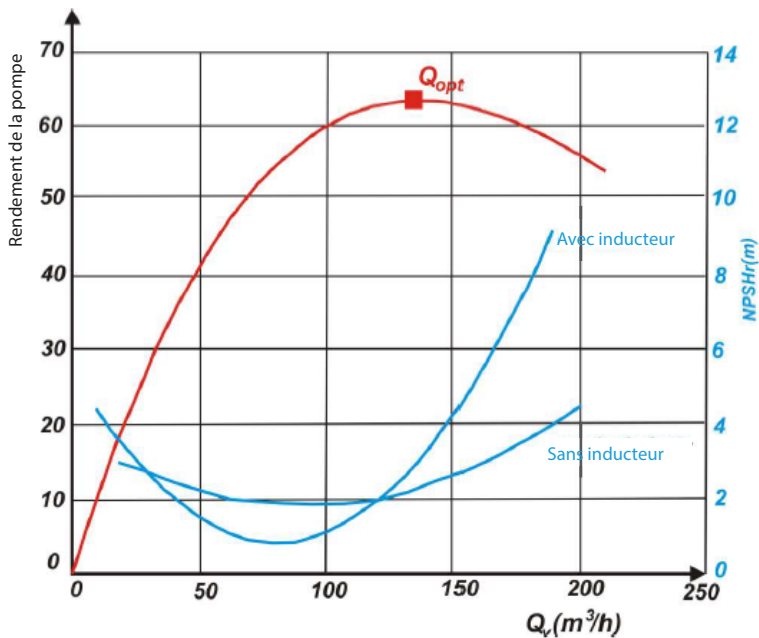


## INDUCTEURS (ou roue de gavage)

Les roues caractérisées par un régime spécifique bas (risque plus élevé de cavitation) peuvent être équipées d'un inducteur. Cet élément hélicoïdal se monte du côté aspiration de la roue. Son adoption permet de réduire la valeur NPSHreq et par conséquent de diminuer la sensibilité à la cavitation.

Cette option n'est satisfaisante que dans une plage comprise approximativement entre 20 et 90 % du point de rendement maximal (BEP). Attention ! Cela signifie qu'en dehors de cette plage, la caractéristique NPSHreq sera encore plus défavorable (voir figure ci-après).

*Inducteur en amont du rotor*



*Courbe caractéristique d'une pompe avec/sans inducteur et dépourvue d'inducteur*



Un inducteur se définit comme une roue axiale dont les pales forment une roue hélicoïdale autour du moyeu central. Cet inducteur remplit la fonction de pompe de gavage du rotor principal. Généralement, les inducteurs comportent deux à quatre pales, mais ils peuvent en présenter davantage. L'inducteur exerce sur le liquide aspiré une pression de refoulement suffisante pour que la roue principale située immédiatement en aval puisse se satisfaire de la pression qui lui est transmise. Bien qu'il se distingue par une  $NPSH_{req}$  inférieure à celle qui caractérise la roue principale, l'inducteur est généralement susceptible de caviter dans des conditions normales de fonctionnement.

L'un des aspects intéressants à relever réside dans le fait que la puissance absorbée par ce rotor axial est faible et que, par conséquent, il n'émet pratiquement aucune vibration ni aucun bruit accompagné des problèmes mécaniques qui en résultent. Entre-

temps, la roue principale est confronté à une pression d'aspiration suffisamment élevée pour fonctionner sans cavitation.

## Comment combattre la cavitation ?

### Sélection adéquate de la pompe

L'acquisition délibérée d'une pompe trop petite est moins onéreuse, mais sa durée de vie utile s'en trouvera considérablement écourtée et les coûts de maintenance seront plus élevés. Dès lors, la facture deviendra rapidement dissuasive. En tant que décideur, vous êtes appelé à jouer un rôle crucial.

Témoignage de Wim de Mesmaeker :

À l'époque où j'exerçais encore la profession de conseiller technico-commercial, je rencontrais régulièrement des clients qui ne s'intéressaient qu'à l'option la meilleur marché.

Il leur arrivait parfois d'abandonner sur la table l'offre d'un concurrent intentionnellement tournée vers moi. Dans les situations de cette nature, ma maîtrise de ce domaine s'est fréquemment avérée profitable au client. Si vous êtes à même de montrer quelles sont les conséquences de l'achat d'une pompe (trop petite) par rapport à celui d'un modèle adapté, vous aidez le client à prendre la bonne décision. À plus long terme, une pompe judicieusement choisie sera toujours plus économique en dépit de l'investissement un peu plus élevé, consenti par le client. Comme l'affirme le dicton : « La joie d'un prix avantageux ne dure qu'un instant, le bonheur que procure un produit de qualité dure toute la vie ». Ce dicton s'applique aussi à la sélection d'une pompe. Si le client penche tout de même pour l'offre lui proposant une pompe trop petite, il s'en mordra les doigts et finira par opter pour une pompe sélectionnée dans la bonne plage de fonctionnement.

#### Calcul des pertes de charge :

Dans la pratique, il arrive encore qu'un client fasse l'acquisition d'une pompe avant que quiconque se soit livré au calcul des pertes de charge. C'est aller au devant d'ennuis sérieux. L'éventail des sections disponibles est très inférieur à la somme des courbes associées à ces pompes. C'est pourquoi, il convient de procéder au calcul des pertes de charge avant de se mettre à la recherche d'une pompe adéquate. Lors du calcul des pertes de charge, efforcez-vous systématiquement d'appréhender au mieux la situation existante pour que l'installation fonctionne de manière optimale. La collecte des données appropriées s'avère parfois complexe, mais cet effort en vaut la peine parce qu'il vous permettra de négocier avec plus de fermeté. En effet, les pertes de charge sont déterminantes pour le point de fonctionnement autour duquel la pompe va travailler :

- Si les pertes de charge s'avèrent supérieures dans la pratique, le point de fonctionnement se déplace vers la gauche de la courbe caractéristique de la pompe. En conséquence, le débit diminue et la hauteur de refoulement augmente.
- Si les pertes de charge s'avèrent inférieures dans la pratique, le point de fonctionnement se déplace vers la droite de la courbe caractéristique de la pompe. En conséquence, le débit augmente et la hauteur de refoulement diminue.



# Destructeur de pompes n°4

## Pièces d'origine incertaine

Assurément...

Si vous confiez la vidange de votre voiture au garagedu coin, vous aurez peut-être la chance d'avaler vingt mille kilomètres avant de devoir lui faire subir un nouvel entretien. Il va sans dire que l'huile qu'il utilise est « la bonne » parce que l'usage de cette huile coûteuse prescrite par le constructeur de votre véhicule est, selon lui, tout à fait superflu. Garantie ? Bien entendu, n'hésitez pas à revenir nous voir en cas de problème ...

Soit...

On peut toujours préparer une deuxième tasse de thé avec un sachet usagé. Cette solution est beaucoup plus économique et rapide que de se précipiter sur un placard ou se ruer vers un magasin. Une pincée de sucre et un nuage de lait suffiront peut-être à combler tante Frida. En ce qui la concerne, cette désinvolture est sans grande importance et il n'y a pas mort d'homme...

Récemment...

Mon fils (venant à peine de quitter le foyer familial et de se muer en acheteur avisé) s'est offert une friteuse par le biais d'un site également voué à la commercialisation de sous-vêtements et de balles de tennis. Fort heureusement, il pouvait se passer du manuel d'utilisation rédigé en chinois (de toute manière, les « vrais hommes » ne lisent pas ce genre de documents).

Après plusieurs fournées douteuses et la mise au rebut de frites au goût « bizarre », sa jeune compagne s'est hasardée à l'interroger sur l'innocuité de l'engin. Au terme de leur première dispute conjugale, nos jeunes mariés se sont rendus, la main dans la main, dans un magasin local où ils ont eu droit à une série de conseils judicieux et fait l'acquisition d'une friteuse de qualité...

” 🎵 Les meilleurs prix, service compris 🎵 ”



La solution la plus économique n'est pas toujours la meilleure

À première vue, l'économie réalisable est alléchante, mais le jeu en vaut-il la chandelle ?

Pourquoi sommes-nous si prompts à nous laisser entraîner vers le moins cher ?  
D'où tenons-nous qu'une telle approche nous permettra de faire des économies ?



PSSST? De quoi as-tu besoin ?  
Je peux tout livrer. Pas cher,  
rapidement et d'une excellente qualité...

...nous voulons y croire.

### La mésaventure d'un client

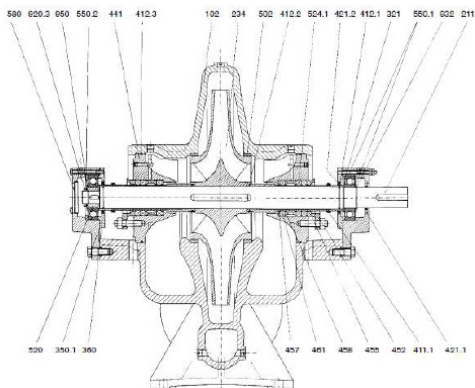
Établie dans la zone industrielle du canal de Gand, l'une des dernières aciéries de Belgique s'est spécialisée dans la production d'aciers plats en rouleaux. Considérée comme une entreprise particulièrement fiable, cette société assure la fourniture de produits de base essentiellement destinés à l'industrie automobile.

Cela fait plus de trente ans que cette entreprise bénéficie du soutien technique du groupe KSB quant à la sélection, l'exploitation et la maintenance de ses pompes.

Dans le cadre de travaux de maintenance nécessitant le montage de pièces de rechange, les dirigeants de cette entreprise de production avaient pris contact avec leur représentant KSB attitré, M. Daniël, Senior Sales Engineer. Cette démarche n'avait rien de particulier ; il s'agissait simplement de remplacer les pièces « mouillées » d'une pompe KSB Omega 150-460 (l'illustration ci-après permet de se faire une idée plus précise de la pompe en question). Partenaire de confiance, M. Daniël apportait son soutien à l'entreprise depuis plus de dix-huit ans déjà.

#### General drawing

Horizontale installation Omega 80-210 up to 350-51



Il s'avère que les pièces requises étaient destinées à une pompe qui n'était en exploitation que depuis un an. KSB a dès lors étudié les raisons pour lesquelles un remplacement aussi précoce des pièces concernées (paliers, garnitures de presse-étoupe, rotor et arbre) s'imposait.

Il n'a pas fallu longtemps à KSB pour réaliser que les paramètres de conception initiaux de cette pompe différaient considérablement des conditions d'exploitation effectives. Cette divergence avait entraîné une surcharge des pièces étudiées, laquelle s'était traduite par leur usure et leur défaillance prématurées (détail : les pertes de charge initiales équivalaient à peine à la moitié des pertes réelles ; donc, le point de fonctionnement se situait à l'extrême droite de la courbe caractéristique de cette pompe).

KSB avait fait parvenir au client son rapport et ses recommandations ainsi que l'offre demandée portant sur les pièces requises.

Détaillant une série de pièces d'origine KSB, la proposition établie par M. Daniël avait été transmise au service d'achat. Récemment embauché par l'entreprise, le responsable des achats prit alors la décision d'acquérir des pièces moins chères, mais d'origine incertaine, et de confier le tournage d'un arbre à un atelier local, lequel se chargea également de rectifier au tour (?) la garniture d'étanchéité, à l'insu du personnel du service de maintenance.

Le service de maintenance procéda au montage des nouvelles pièces pirates... Et le problème ne fit que s'aggraver. Lors de la mise en service, une surchauffe immédiate du presse-étoupe et de l'arbre portèrent ces organes à un rouge incandescent. Il s'ensuivit un nouvel arrêt et une nouvelle mise hors service de la pompe afin que le service de maintenance puisse étudier le problème. Une analyse approfondie a révélé que la chemise d'arbre remplacée s'était désolidarisée (personne n'a jamais retrouvé le joint torique), puis inclinée, l'arbre continuant à tourner à l'intérieur de cette dernière.

En conséquence, l'arbre et sa chemise s'en sont trouvés irrémédiablement endommagés.

La direction procéda de nouveau (à la hâte !) à la commande de pièces neuves - cette fois, il s'agissait bel et bien de pièces d'origine KSB, mais à la déconvenue de tous, le problème à l'origine de la mise hors service initiale de cette pompe réapparut. La pompe se mit à vibrer fortement, à émettre des bruits de cavitation et à présenter des variations de débit.

La pompe fut à nouveau mise hors service. Le service de maintenance savait qu'il lui fallait pousser plus avant les investigations pour trouver la cause du problème. Les techniciens découvrirent rapidement que l'une des deux garnitures d'étanchéité avait subi un usinage concentrique et reprirent alors contact avec M. Daniël en sa qualité d'expert KSB.

Invité de nouveau à prendre part à la discussion vouée à la résolution du problème rencontré, M. Daniël commença par la fourniture d'une nouvelle garniture d'étanchéité d'origine (la seconde ne présentait aucun défaut), puis à un étranglement provisoire de la canalisation de refoulement de telle sorte que le point de fonctionnement de la pompe se rapproche à nouveau du point de rendement maximal (BEP). Bien que cette opération ait permis de résoudre le problème causé par la cavitation et la garniture d'étanchéité, M. Daniël entendait investiguer plus avant pour démontrer qu'en dépit de leur ressemblance confondante, ces pièces étaient complètement différentes. Il voulait également que tout un chacun soit au courant pour qu'une telle mésaventure ne se reproduise jamais. M. Daniël recommanda d'équiper l'installation de plusieurs manomètres pour contrôler les performances de la pompe et de mesurer la consommation de courant. L'installation était d'ores et déjà équipée d'un débitmètre.

(Remarque : aujourd'hui, KSB a mis au point une méthode SES, sur laquelle nous reviendrons ultérieurement ; cette méthode permet de rendre compte de ces paramètres dans un rapport clair)

L'installation de ces instruments de mesure a permis de recueillir de précieuses données d'essai.

Résultat :

- Courbe d'évolution du débit / hauteur de refoulement, baisse de 25 % grosso modo.
- Consommation d'énergie supérieure à la consommation requise parce que le rendement se situe à un niveau très inférieur sur la courbe initiale (écart voisin de 10 %).
- Une pompe plus petite aurait fait l'affaire, par conséquent, son prix d'achat, les frais d'installation, la puissance absorbée auraient été inférieurs, sans parler des sommes consacrées en pure perte à l'achat de pièces, à la maintenance de la pompe et à la consommation d'une énergie supplémentaire, absorbée par une installation inefficace.

## Information :

Le tableau ci-après répertorie les tolérances respectées par KSB lors de la conception, de l'exécution et de l'essai de ses pompes. Ce tableau s'accompagne d'une courbe type relative aux pompes de classe 1U et 2U.

## ISO 9906: 2011

**Table 8** — Grades d'acceptation d'essais à la pompe et tolérance correspondante

Grade	1			2		3	Exigence de garantie
	10%			16%		18%	
$\Delta t Q$	6%			10%		14%	
$\Delta t H$	6%			10%		14%	
Acceptance Grade	1U	1E	1B	2B	2U	3B	
$t_Q$	+ 10%	+/- 5%		+/- 8%	+ 16%	+/- 9%	Obligatoire
$t_H$	+ 6%	+/- 3%		+/- 5%	+ 10%	+/- 7%	
$t_P$	+ 10%	+ 4%		+ 8%	+ 16%	+ 9%	Optionnel
$t_\eta$	$\geq 0\%$		- 3%	- 5%		- 7%	

NOTE

$t_x$  (x= Q, H, P,  $\eta$ ) Représente la tolérance de la qualité indiquée

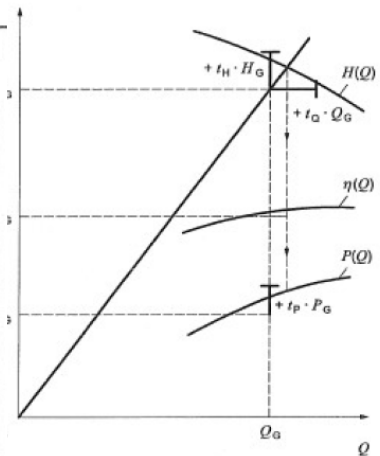


Figure 4 - Champ de tolérance pour le degré d'acceptation

Les hypothèses émises par M. Daniël étaient correctes. Aggravation du problème due à l'usage de pièces erronées et bon marché. Résolution du problème d'étanchéité grâce au montage de pièces d'origine en lieu et place de pièces pirates de moindre qualité. Remplacement de l'arbre et de la roue (diamètre usiné au tour) Retour aux paliers originaux de grande marque. Disparition des vibrations et de la cavitation assortie d'une baisse sensible du montant de la facture d'électricité. Les résultats ont fait l'objet d'une discussion approfondie avec le client. Par ailleurs, d'autres pompes ont fait l'objet de modifications visant à les doter de garnitures mécaniques d'étanchéité dont l'adoption se traduit par une puissance accrue et des durées de fonctionnement plus longues avant défaillance.

Conclusion : Les désagréments imputables à un matériel de mauvaise qualité se font sentir beaucoup plus longtemps que la joie d'avoir obtenu un prix avantageux.

Fort heureusement, l'anecdote qui précède ne s'est accompagnée d'aucun accident ni d'aucune lésion corporelle que de telles pratiques sont susceptibles de provoquer. En attendant, nous vous invitons surtout à vous pencher sur la méthode de travail à adopter dans une zone ATEX, en présence de hautes pressions, de températures élevées ainsi que de produits chimiques ou de liquides que nous ne voulons pas voir s'échapper de la pompe...



# Destructeur de pompes n°5

## La sélection erronée de pompes

(ou : "tout ce qui transparent n'est pas de l'eau"\*)

Pourrions-nous éliminer ce destructeur de pompes si il était possible de proposer des pompes en titane, en Noridur ou en UHMWPE ?

L'usage d'un élastomère perfluoré à résistance étendue tel que le Kalrez ou le Chemrez peut-il nous mettre à l'abri de joints toriques qui fuient ?

Existe-t-il un matériau répondant à toutes les exigences présentes et à venir ?

Hélas, la réponse à ces trois questions est non.

Bon nombre de pompes sont conçues pour acheminer un fluide déterminé. La nature de ce fluide détermine le choix des matériaux, à sélectionner en fonction de la composition et des propriétés du fluide considéré : température, pH, pollution et caractéristiques chimiques. Rien à redire jusqu'à présent... Mais le nombre d'exemples pratiques et « cadavres » qui jonchent notre zone prouvent le contraire.



Écrou de roue (ronaé)

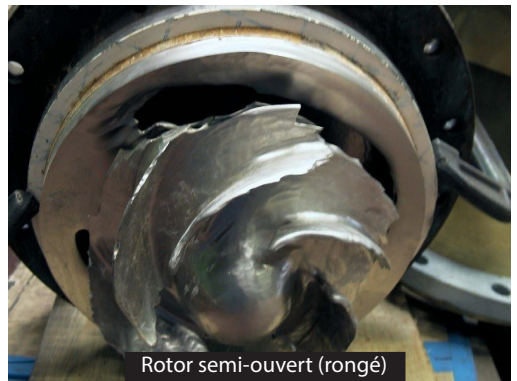


Corps de pompe (rongé)

Le problème est le suivant : il y a un manque de précision relative au fluide véhiculé --> sélection incoorecte des matériaux



Fond de plaque (rongée)



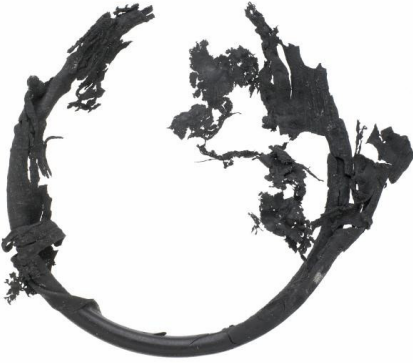
Rotor semi-ouvert (rongé)

\*"tout ce qui est transparent n'est pas de l'eau". Quand il faut sélectionner une pompe et que le client dit (souvent par ignorance) „c'est pour de l'eau“, alors le vendeur demande „Est-ce que vous la boiriez ?“ Question suivante ....

Ne perdez jamais de vue la règle d'or qui suit:

## La sélection des matériaux dépend du liquide à traiter

et non des uns ou des autres... Celles et ceux qui ne partagent pas ce point de vue déchanteront rapidement.



Joint torique (rongé)

Le fabricant choisit les matériaux adéquats pour assembler la pompe voulue. Toutes les pièces appelées à entrer en contact avec le liquide sont adaptées à son pompage.

Les problèmes commencent en cas de déplacement de la pompe et de mise en œuvre dans un contexte ou au contact d'un fluide pour lequel cette dernière n'a pas été conçue. On pense généralement aux pièces génératrices de pression, en perdant de vue l'écrou du rotor, les joints toriques, l'arbre ou la roue en tant que tel. Avec toutes les conséquences que cela implique.

Autre piège à éviter : la sélection d'une pompe à usage courant en oubliant par exemple le rinçage occasionnel de l'installation à la soude ou au moyen de tout autre produit incompatible avec la pompe.

### Les solutions :

Plus les données relatives au produit à traiter sont précises, plus la sélection sera pertinente.

Le choix du fournisseur de pompes est susceptible de reposer exclusivement sur les données communiquées par le client.

C'est pourquoi, vous devez faire preuve d'un grand souci d'exhaustivité et mentionner ces facteurs qui, à première vue, peuvent sembler d'une grande banalité. Ces détails font parfois la différence par la suite.

Mais avant tout, écoutez les professionnels qui jouissent d'une expérience certaine avec ces produits.

En tant que producteur de pompes et société de service, KSB est en contact avec des entreprises de tous les secteurs industriels. Par conséquent, nous avons d'ores et déjà procédé au pompage des produits les plus divers et il nous est parfois arrivé de découvrir que nous devons nous y prendre autrement...



En tant que fabricant d'équipements, KSB dispose de ses propres fonderies (KSB Pegnitz - Allemagne)

Cast Materials at a Glance												
Description / Trade name	Material designation	Material number	Chemical composition (Reference values, wt. %)								Standards	
			C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	Others		
<b>Iron and steel castings</b> Maximum single weight: 1700 kg												
Carbon steel	Gr740GH-N	1.6619-N	0.2	0.5	0.7	≤0.3					EN 10213-2	
Grey cast iron	GL 250	IL 1040									EN 1561	
Nodular cast iron	GS-400-15	JS 1030									EN 1563	
Nodular cast iron	GS-400-18-LT	JS 1025									EN 1563	
ERN	GGL-NiMo7-7	-	3.2	1.8	0.7		1.8	0.7			KSB MIC <sup>(1)</sup> 1930	
NORIHARD® NH 15.3	GX250CrMo15-3	-	2.6	0.6	0.7	15.0		2.6			KSB MIC <sup>(1)</sup> 1941	
NORILLOY® NL 25.2	GX170CrMo25-2	-	1.7	≤1.0	≤1.0	25.0		2.0			KSB MIC <sup>(1)</sup> 2878	
NORICROM®	GX150CrNiMoCuN41-6-2	1.4475	1.5	≤1.0	≤1.0	40.5		6.0	2.5	≤1.2	N	KSB MIC <sup>(1)</sup> 2711
<b>Stainless and high-alloy steels</b> Maximum single weight: 5000 kg												
Chrome steel	GXBCrNi13	1.4008	≤0.10	≤1.0	≤1.0	13.0		1.5	≤0.5			EN 10283
Martensitic steel	GX4CrNi13-4	1.4317	≤0.06	≤1.0	≤1.0	13.0		4.0	≤0.7			SEW 520
Austenitic steel	GX3CrNi19-11	1.4552	≤0.06	≤1.5	≤1.5	19.0		10.0			Nb:0&k/C	EN 10213
	GX3CrNiMoNb19-11-2	1.4581	≤0.06	≤1.5	≤1.5	19.0		11.5	2.3		Nb:0&k/C	EN 10213
	GX3CrNi19-10	1.4308	≤0.07	≤1.5	≤1.5	19.0		10.0				EN 10213
	GX3CrNiMo19-11-2	1.4408	≤0.07	≤1.5	≤1.5	19.0		11.0	2.3			EN 10213
NORINOX®	GX3CrNiMo19-11-2 (1.4409)		≤0.04	≤1.5	≤1.5	19.0		11.0	2.3			KSB MIC <sup>(1)</sup> 2715
NORILUM®	GX3NiCrMoCu25-20-5 (1.4539)		≤0.03	≤1.0	≤2.0	20.0		25.0	4.5		N	KSB MIC <sup>(1)</sup> 2765
NORICID®	GX3CrNiSi20-13-5	9.4306	≤0.04	4.5	4.5	20.0		13.0	≤0.2		N	KSB MIC <sup>(1)</sup> 2872
NORIDUR®	GX3CrNiMoCuN24-6-2-3	1.4593	≤0.04	≤1.5	≤1.5	25.0		6.0	2.5	3.0	N	KSB MIC <sup>(1)</sup> 2745
NORICLUR®	GX3CrNiMoCuN24-6-5	1.4573	≤0.04	≤1.0	≤1.0	24.0		6.0	5.0	2.0	N	KSB MIC <sup>(1)</sup> 2747
<sup>(1)</sup> MIC= material identification code												
<b>Cast copper-base alloys</b> Maximum single weight: 2500 kg												
			Cu	Ni	Al	Sn	Fe	Si	Mn	Others		
Brass	Cu61Ni0-C-G5	CC489K-G5	89.0	≤2.0		10.0	≤0.2			Pb ≤1.0; Zn≤0.5	EN 1982	
Aluminum bronze	CuAl70Fe5Ni5-C-G5	CC339G-G5	≥76.0	≤5.2			4.5			Total ≤0.8	EN 1982	
Heat treatment:	G = annealed V = quenched and tempered	N = normalized L = solution-annealed and quenched	Microstructure:			F = ferrite P = perlite	M = martensite A = austenite		C = carbides B = bainite			

...et s'enorgueillit à bon droit de sa maîtrise extrême des procédures de qualité et procédés de coulée développés par ses soins.

...notre large éventail de fontes d'acier standard permet un choix judicieux.



# Destructeur de pompes n°6

## Présence d'air, pas vraiment indispensable (?)

FAIT INCONTESTABLE : Une pompe centrifuge standard n'est pas en mesure de pomper de l'air ; c'est la raison pour laquelle, ces pompes ne sont pas auto-amorçantes. Il en va tout autrement des pompes volumétriques dont le fonctionnement repose sur le principe du déplacement du volume pompé. Ces pompes sont donc à même de se désaérer. What goes in, must come out [Ce qui rentre doit sortir].

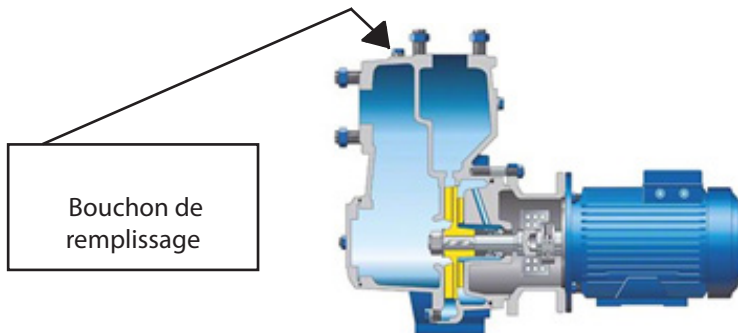
Certaines pompes centrifuges sont dotées d'un réservoir tampon incorporé qui permet d'éliminer l'air. Lors de la phase de démarrage, la circulation du liquide d'appoint ou d'apport au sein du corps de la pompe est assurée.

Penchons-nous sur les problèmes éventuels, associés à l'usage d'une pompe auto-amorçante.

### Défaillances éventuelles :

Les pompes auto-amorçantes présentent la particularité d'être à même d'aspirer un liquide le long d'une canalisation d'aspiration vide. C'est une performance remarquable dans la mesure où le dispositif doit éliminer, dans un premier temps, l'air présent dans la canalisation d'aspiration. La pompe doit, pour ainsi dire, être à même de pomper l'air pour être en mesure d'aspirer le liquide à traiter. On imagine sans peine qu'une opération aussi délicate risque d'échouer. Le symptôme est presque toujours le même : la pompe ne pompe pas. Les causes peuvent être multiples. Nous en établissons la liste ci-après et nous indiquons, dans le même temps, les mesures à prendre pour remédier au problème rencontré

### Cause 1 : présence insuffisante ou inexistante de liquide dans la pompe



Lors de la mise en service ou après un démontage, il y a lieu de « remplir » les pompes auto-amorçantes (par leur conduit de remplissage supérieur -voir figure ci-dessus). Leur fonctionnement nécessite un remplissage préalable par un liquide d'appoint. Normalement, ces pompes ne courent plus le risque de fonctionner à vide par la suite. Après l'arrêt de la pompe, une certaine quantité de liquide demeure présente dans le corps de celle-ci. Toute fuite au niveau des garnitures d'étanchéité ou dégradation du corps de la pompe (fissure ou anfractuosités dues à la corrosion) risque toutefois d'entraîner une vidange de la pompe au bout d'un certain laps de temps. Lors du prochain démarrage, la pompe cessera de fonctionner. À cet égard, les dégâts dus au gel constituent un ennemi dangereux.

Solution : Remplacer les garnitures d'étanchéité et/ou les pièces endommagées, réparer la pompe  
Veiller à l'isolation ou à un suivi de la pompe en cas d'exposition aux intempéries (risque de gel).  
Veiller à ce que la pompe soit correctement remplie avant sa première mise en service.

#### Cause 2 : aspiration d'air par la pompe

En cas de fuite autorisant l'aspiration d'air du côté aspiration ou au sein du corps de la pompe, celle-ci ne sera plus en mesure de créer le vide indispensable à l'aspiration du liquide à acheminer. En conséquence, la pompe ne parvient plus à remplir son office.

Solution : s'assurer de l'absence de fuite ou de perforations affectant la canalisation d'aspiration et dues, par exemple, à la corrosion ou à une mauvaise soudure. De l'air risque aussi d'être aspiré à travers le raccord d'aspiration de la pompe, par un joint de bride fuyard ou par des boulons de bride dont le serrage est insuffisant. Enfin, de l'air risque également d'être aspiré par les garnitures d'étanchéité de la pompe ou par suite d'une dégradation du corps de la pompe (fissure ou corrosion).



Pompe auto-amorçante (veuillez observer que le côté aspiration se

#### Cause 3 : longueur excessive de la canalisation d'aspiration

Si la pompe est éloignée de la surface du liquide au point que les pertes de charge affectant le liquide deviennent très importantes, il peut arriver qu'à un moment donné, le NPSH disponible devienne inférieure à le NPSH requise, pendant le remplissage de la canalisation d'aspiration. En pareil cas, la pompe se mettra à caviter en émettant un bruit intense ; en provoquant une usure excessive des pièces de la pompe et en ne produisant qu'un débit restreint, voire négligeable. Pour plus d'informations concernant le phénomène de la cavitation, reportez-vous à la troisième partie.

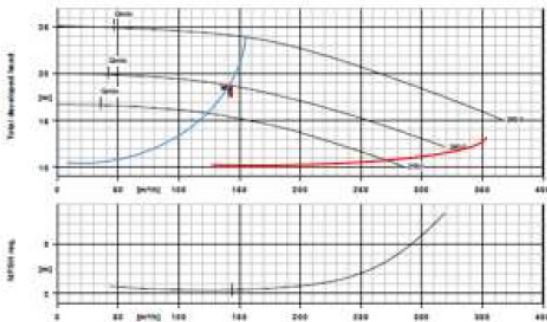
#### Solution :

- Installer la pompe plus près de la source (recommandé) pour que la canalisation d'aspiration soit plus courte.
- Poser une canalisation d'aspiration composée de tubes et tuyaux de plus grande section afin de diminuer les pertes de charge.
- Faire fonctionner la pompe dans une plage située davantage au début de sa courbe caractéristique afin d'en réduire le débit et partant, les pertes de charge le long de la canalisation d'aspiration.

Pour ce faire, il suffit de créer une petite résistance supplémentaire dans la canalisation de refoulement de la pompe (montage d'une soupape d'étranglement). Dès lors, il faut accepter que le débit de la pompe en devienne inférieur. Avec une pompe centrifuge auto-amorçante, il suffit de rogner le diamètre de la roue pour obtenir le même résultat. En d'autres termes, l'enlèvement d'une petite quantité de matière permet d'en réduire le diamètre. Une autre option consiste à réduire le régime de la pompe au moyen d'un variateur de fréquence. Mais en pareil cas, il faut que la diminution du débit de la pompe qui en résulte soit admissible.

#### Cause 4 : faible diamètre de la canalisation d'aspiration

Comment détermine-t-on la section idéale d'une canalisation d'aspiration ? En fait, nous sommes confrontés à deux effets contradictoires. D'une part, il faut veiller à ce que la section des tubes ne soit pas trop faible afin de limiter les pertes de charge sur le liquide (risque de cavitation !). D'autre part, il faut veiller à ce que la section des tubes ne soit pas trop importante afin de limiter la quantité d'air à éliminer. Prendre le même diamètre que celui du raccord d'aspiration de la pompe constitue généralement une bonne solution, mais cette option n'est pas toujours optimale par rapport au point de fonctionnement de la pompe. Règle d'or : Veillez à ce que la vitesse d'écoulement du fluide au sein de la canalisation d'aspiration soit voisine de 0,6 m/s (cette vitesse est susceptible d'être plus élevée ou plus basse en fonction du liquide à pomper).



#### Cause 5 : Le point de fonctionnement de la pompe se situe à la fin de sa courbe

En cas d'utilisation d'une pompe centrifuge, le NPSH requise augmente en fonction de l'éloignement du point de fonctionnement sur la courbe caractéristique de la pompe.

Cependant que le NPSH requise se situe, dans cet exemple, au milieu de la courbe caractéristique de la pompe, à près de 2 mce, cette hauteur est susceptible de grimper jusqu'à 7 mce (0,7 bar absolu), voire davantage vers l'extrémité de cette courbe. La hauteur d'aspiration de la pompe diminue radicalement et si le NPSH disponible est trop basse, la pompe se mettra à caviter en présentant les symptômes précédemment abordés. Dans le meilleur des cas, la pompe fonctionnera convenablement, tant que le niveau du liquide présente dans le réservoir sera suffisamment élevé. Toutefois, à un moment déterminé, la cavitation commencera à se manifester au gré de la baisse de ce niveau. À ce stade, la pompe ne parviendra plus à éliminer complètement l'air qui l'entoure. De plus, le rendement de la pompe diminue fortement à l'extrémité de sa courbe caractéristique. En conséquence, la puissance électrique absorbée par la pompe augmente excessivement.

### Solution :

- Opter pour une pompe de plus grande taille et rogner le diamètre de la roue (en cas d'utilisation d'une pompe centrifuge auto-amorçante).
- Faire tourner la pompe à un régime inférieur au moyen d'un variateur de fréquence.
- Étrangler la canalisation de refoulement et déplacer le point de fonctionnement de la pompe vers la gauche de sa courbe caractéristique.

### Cause 6 : obstruction de la canalisation de refoulement

Ces obstructions fréquentes constituent un inconvénient majeur. Surtout parce qu'une obstruction, même minime, lors de la phase de désaéragage, autrement dit au démarrage de la pompe, ne manquera pas d'avoir un impact significatif. Il faut prendre conscience de la réalité suivante : bien qu'elle donne l'impression de pomper l'air présent, une pompe auto-amorçante n'exerce aucune pression sur cet air. Par conséquent, la moindre obstruction aura pour effet d'emprisonner, pour ainsi dire, la colonne d'air dans la canalisation de refoulement, en empêchant presque immédiatement la pompe d'aspirer. Les deux cas d'obstruction les plus fréquents de la canalisation de refoulement sont les suivants :

#### Obstruction 1 : clapet anti-retour

Le montage d'un clapet anti-retour sur la canalisation de refoulement prévient tout reflux de liquide lors de l'arrêt de la pompe. Pendant la phase de désaéragage, une pompe auto-amorçante est dans l'incapacité d'ouvrir ce clapet anti-retour. Donc l'air présent reste emprisonné et la pompe ne démarre pas.

### Solution :

- Procéder à l'installation d'une vanne automatique qui se referme dès l'arrêt de la pompe.
- Procéder à l'installation d'un clapet anti-retour présentant la pression d'ouverture la plus faible possible en s'abstenant de le monter trop près de la pompe (tampon).

#### Obstruction 2 : présence de poches liquides dans la canalisation de refoulement

Cette situation se présente en particulier en cas de raccordement d'un tuyau flexible de grande dimension côté refoulement de la pompe (généralement une pompe centrifuge auto-amorçante) pour vidanger une citerne enfouie. Comme il n'est pas rectiligne, ce flexible est susceptible de ne pas se vider à l'arrêt de la pompe concernée. Il arrive souvent que cette pompe fonctionne correctement lors de son premier démarrage parce que le flexible est encore vide, mais qu'elle n'y parvienne plus par la suite. Il suffit d'ouvrir brièvement le raccord de refoulement de la pompe pour que tout rentre dans l'ordre. Jusqu'à la prochaine fois... Raison de cette panne : durant la phase de désaéragage, la pompe est dans l'incapacité de refouler le liquide présent dans le flexible.

### Solution :

Veiller à la vidange complète du tuyau flexible après tout pompage. Que cette opération s'effectue par l'extrémité du flexible, par le biais de la pompe ou par l'une et l'autre méthode, importe peu. Cela étant, il faut absolument prévenir toute ondulation du flexible susceptible d'entraîner la formation de poches liquides.

### Cause 7 : liquides surchauffés

En cas de pompage de liquides surchauffés, la tension de vapeur devient un facteur important dans la détermination du NPSH disponible.

En présence de liquides froids, cette tension de vapeur est négligeable. Nous y reviendrons en détail dans la troisième partie. Plus simplement : la tension de vapeur d'un liquide constitue un facteur négatif dans la détermination de la hauteur d'aspiration d'une pompe auto-amorçante. Une pompe installée pour aspirer par exemple une eau froide à une profondeur de huit mètres ne sera en mesure d'aspirer une eau portée à 90 °C qu'à une profondeur d'un mètre ! Si l'on prétend aspirer cette eau surchauffée à une profondeur plus importante, la pompe ne manquera pas de caviter, avec les conséquences que l'on sait.

Il n'existe aucune solution à ce problème.. Les lois de la physique sont en effet incontournables. Au lieu d'utiliser une pompe auto-amorçante, il est préférable en pareil cas de s'orienter vers une autre solution telle que l'installation d'une pompe submersible ou d'une pompe en porte-à-faux. Mais en pareil cas, il faut également respecter un certain nombre de règles pour prévenir l'apparition d'autres problèmes. Toutefois, ces problèmes ne sont pas abordés dans ce document.

### Cause 8 : Bulles de dégazage



Enfin, on peut assister, au sein de la canalisation considérée, à la formation de poches d'air/gaz imputables à la présence de bulles de dégazage dues à une fermentation du liquide ou à sa teneur élevée en gaz. Ces poches d'air/gaz sont susceptibles d'engorger la roue. D'autre part, si à l'issue d'une chute d'une hauteur appréciable, un liquide déterminé pénètre dans un autre liquide, on observe la formation de bulles. À titre d'exemple, remplissez un verre d'eau du robinet et penchez-vous sur le résultat de l'opération. Au bout d'un certain laps de temps, les bulles ou inclusions d'air observées dissoudront à nouveau. Mais si ces bulles ne disposent ni du temps ni de l'espace pour y parvenir, le liquide sera aspiré tel quel dans la pompe.

La roue d'une pompe centrifuge qui tente de refouler un mélange liquide-gaz, ne se remplit pas exclusivement de liquide. Le déséquilibre qui en résulte au sein de la roue génère, entre autres, des vibrations.



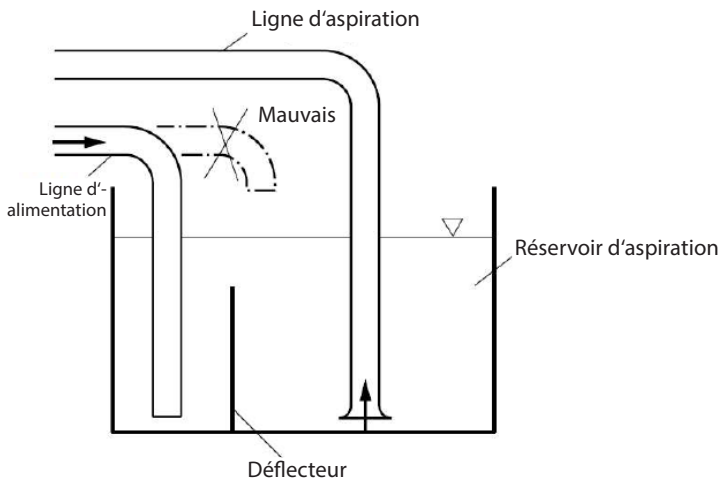
En outre, les bulles de gaz présentes dans le liquide pompé vont s'agglutiner et s'amasser essentiellement dans les parties hautes de la tuyauterie. En conséquence, l'agglutination de ces bulles réduit la canalisation en ces points d'amasement. Dès lors, le débit s'accroît et les pertes de charge augmentent.

La meilleure façon de lutter contre une occlusion d'air (due à l'afflux d'un liquide en chute libre) consiste à prévenir tout afflux brutal du liquide entrant en l'introduisant à un niveau inférieur à celui du liquide récepteur. Hélas, ce n'est pas toujours possible. Si les conditions existantes contraignent le liquide entrant à pénétrer dans le liquide récepteur au-dessus du niveau de ce dernier, il convient de respecter les recommandations suivantes :

1. Veillez à ce que la distance entre le point d'afflux du liquide et le point d'aspiration de la pompe soit la plus grande possible.
2. Efforcez-vous de laisser le liquide affluer par un accessoire (coude) le long de la paroi du puits. Ainsi, la formation de bulles provoquée par l'afflux du liquide entrant sera moins importante.
3. Montez une cloison de déflection ou munissez l'orifice d'entrée d'un volet ou d'un dispositif analogue.
4. Montez une cloison de séparation dans la cuve intermédiaire pour la scinder en deux compartiments afin de contraindre le liquide à passer au-dessus de cette cloison pour affluer dans le compartiment d'aspiration de la pompe.

Lors de la scission d'une cuve intermédiaire en deux compartiments, il faut être attentif aux points suivants :

- **Avantage** : échappement possible des bulles de gaz véhiculées par le liquide avant leur aspiration par la pompe.
- **Inconvénient** : risque d'accumulation de polluants dans le compartiment accueillant le liquide entrant. Par conséquent, ce dispositif devra faire l'objet d'un nettoyage régulier en fonction du degré de pollution du liquide.



*Image : Disposition de la tuyauterie dans le réservoir d'aspiration pour empêcher l'entrée d'air dans la pompe (une des nombreuses solutions possibles)*

#### Cause 9: Ventilation inexistante ou insuffisante de la pompe au démarrage.

Nous voudrions ici faire référence aux procédures d'installation et de démarrage spécifiquement disponibles pour chaque pompe. Il convient de mentionner ici qu'il est beaucoup plus facile de purger une pompe d'aspiration en bout qu'un ventilateur en ligne ou une pompe à plusieurs étages disposée verticalement.

Le bouchon ou le robinet d'évent fourni par le fabricant pour ces pompes est souvent négligé, après quoi le joint mécanique séché se vend souvent :-)



*Photo : le bouchon d'étanchéité jaune est toujours intact*



*Photo : bouchon d'étanchéité ? pas vu*

C'est ainsi que s'achève notre passage en revue des problèmes susceptibles de se manifester. Ne perdez pas de vue que certains problèmes sont causés par plusieurs facteurs simultanés. Cette dimension plurifactorielle en rend le diagnostic encore plus difficile.

**LA CONCLUSION EST CLAIRE : LA PRÉSENCE D'AIR PEUT ÊTRE MORTELLE POUR UNE POMPE CENTRIFUGE !**

# Destructeur de pompes n°7

## Pas de stress...



On a longtemps cru que le corps et l'esprit étaient totalement dissociés. Nous nous sommes ravisés depuis lors. Les troubles psychiques peuvent avoir une grande influence sur notre santé physique. L'une des forces les plus destructrices est vraisemblablement le stress.

Le stress affecte en effet plusieurs fonctions physiologiques. En outre, il est également à l'origine de plusieurs problèmes de santé mentale.

### Stress, symptômes physiques

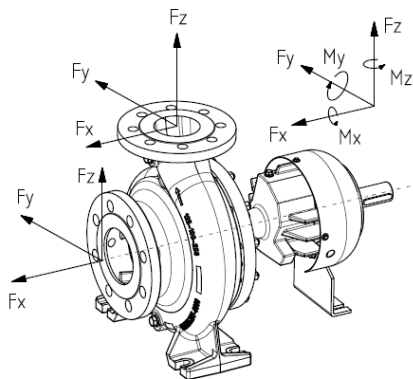
Tout d'abord, il convient de rappeler que le stress influe sur la douleur. Car non content de provoquer certaines douleurs (migraine ou torticolis), le stress nous incite également à nous concentrer davantage sur la douleur. L'impact du stress sur notre qualité de vie risque d'être passablement défavorable.

En outre, le stress est susceptible de provoquer une surstimulation du cerveau, laquelle entraîne l'apparition de problèmes de mémoire et de concentration. C'est un problème bien connu chez les patients souffrant de dépression. Nous éprouvons des difficultés analogues lorsque nous devons faire face à une charge de travail accrue. Si vous souffrez d'un stress excessif, vous mettez plus de temps pour effectuer la même tâche, vous attraperez la migraine, etc.

Quel est le rapport avec les pompes ? Arrêtons-nous un instant sur la meilleure méthode de raccordement des conduites à une pompe. Tirée de la fiche technique, la page ci-après présente une illustration assurément connue...

HPK150-125-250 YGBS W W01104 B  
Heat transfer liquid pump

Version no.: 5



Drawing is not to scale

#### Force and Moment Limits

Suction flange		Discharge flange	
Fx s	4700 N	Fx d	2050 N
Fy s	3750 N	Fy d (+)	2400 N
Fz s	3100 N	Fz d	3700 N
Fres s	9785 N	Fres d	5020 N
Mx s	3450 Nm	Mx d	2750 Nm
My s	1750 Nm	My d	1400 Nm
Mz s	2650 Nm	Mz d	2100 Nm
Valid for temperature			
220.0 °C			

Cet extrait de la fiche technique décrit la charge (force) maximale admissible que les brides de la pompe sont capables de supporter.

Dans tout manuel d'utilisation consacré à quelque pompe que ce soit, il est rappelé au lecteur qu'une pompe ne peut en aucun cas servir de point d'acrocche pour les conduites.

Malheureusement, en pratique, nous voyons que beaucoup de conduites ne sont pas fixées correctement, bien qu'il existe des outils permettant de monter des brides qui ne sont pas alignées





Comment expliquez-vous cela, docteur ? Les canalisations et les brides de nos pompes sont soumises à des contraintes ou des charges inacceptables en cas d'alignement ou d'ancrage insatisfaisant des conduites. Vous devez tenir à l'œil les soudeurs et monteurs de brides qui trimballent une pince-monseigneur ou pied-de-biche dans leur boîte à outils...



Vous aurez remarqué que l'extrémité de cette arme létale s'introduit sans peine dans un trou de bride. Il suffit ensuite de peser sur ce levier jusqu'à ce que le positionnement des brides autorise le passage d'un boulon à travers deux trous opposés (le montage et le serrage des autres boulons suivront).



En cas d'utilisation de compensateurs, les efforts auxquels la canalisation est soumise risquent de soumettre le raccordement à brides à des contraintes excessives si le soutien dont elle bénéficie est insuffisant.

Les efforts auxquels notre pauvre pompe est soumise sont parfois élevés au point que l'utilisation d'un palan ou d'un chariot élévateur s'impose pour désolidariser une canalisation raccordée à une pompe centrifuge (véridique !).

### Identifiez les deux problèmes

Qu'en est-il des symptômes ?

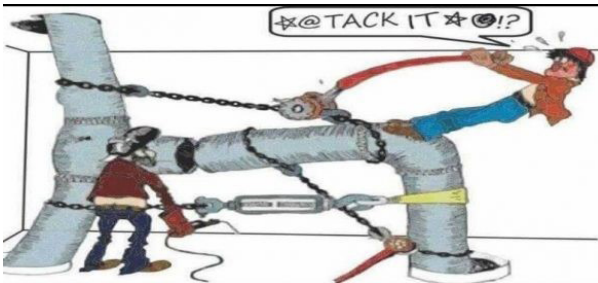
Les forces qui s'exercent sur les brides d'une pompe sont susceptibles d'être importantes au point d'en fissurer le corps et/ou d'en briser les brides. Sous l'effet de la pression trop importante exercée sur les brides, le corps de certaines pompes risque même de se déformer. Au point d'atteindre et de gripper la bague d'usure ou de gauchir l'arbre de la pompe...

Et les dégradations subies ne se limitent pas aux atteintes visibles de l'extérieur. Les paliers et garnitures d'étanchéité sont soumis à des contraintes involontaires et nos efforts d'alignement méticuleux des arbres de la pompe et du moteur d'entraînement sont réduits à néant.

Peut-on y remédier ? Les contraintes mécaniques constituent un problème sous-estimé ou méconnu dans le domaine des techniques de pompage. Mais il est possible d'y remédier.

Pour commencer, le fabricant explique comment et pourquoi procéder à un ancrage satisfaisant de la pompe (canalisations d'aspiration et de refoulement).

S'assurer à nouveau, quelque temps après le démarrage de la pompe, qu'aucun élément de l'installation n'a bougé, ne peut pas faire de mal. En effet, toutes sortes de facteurs extérieurs peuvent influencer sur ces éléments. Enfin, on néglige souvent l'importance d'un alignement à chaud (surtout en présence de températures élevées)...



*Photo : corps de pompe déchiré*

**Conclusion :** La pose sans contrainte de canalisations est un métier, dont il ne faut pas prendre l'impact à la légère ! Un professionnel compétent mettra la pompe (ainsi que nous-même) à l'abri de bien des désagréments.

# Destructeur de pompes n°8

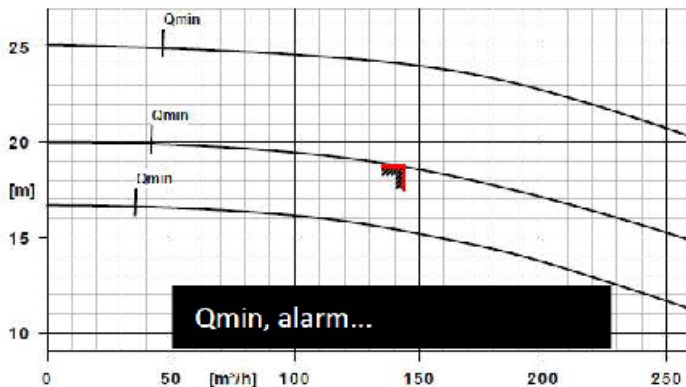
## "Fonctionnement dans son jus", fonctionnement à sec et gel (d'une pierre trois coups)

Il faudrait marquer d'un épais trait rouge la moindre inflexion que présente la courbe ( $Q_{min}$ ). Ignorer (trop longtemps) toute évolution défavorable de la courbe ne manquera pas de se traduire par un grippage des bagues d'usure, par une distension de conduites en matière synthétique, par une augmentation excessive de la température de fonctionnement des moteurs de pompes submersibles et les détériorations qui en résultent ainsi que par une fusion de la graisse de lubrification des paliers et ainsi de suite.

Bref : autant de dégradations dues à un échauffement excessif.

Nous allons nous intéresser ici à l'échauffement ou à l'évolution d'une pompe qu'on laisse « tourner dans son jus ».

Pour comprendre de quoi il s'agit, nous devons nous poser une question simple : comment le refroidissement de ma pompe s'opère-t-il ? Les kilowatts absorbés par la pompe pour en générer le débit et la pression de refoulement sont (hélas) partiellement convertis en chaleur et en énergie. Nous devons aussi nous en débarrasser. Le constructeur de pompes indique (par le biais de la courbe de flux thermique minimal) le débit que nécessite une pompe spécifique pour dissiper la chaleur générée. À cet égard, il faut tenir compte du contenu calorifique (enthalpie) du liquide pompé ainsi que du volume (capacité) de la pompe / du conduit de refoulement.



Que se passe-t-il ? Divers facteurs peuvent être à l'origine d'un échauffement ou d'un fonctionnement de la pompe dans son jus.

Exemples : absence de refoulement du fluide à traiter alors que la pompe fonctionne ou bien insuffisance de la quantité de fluide à pomper donnant lieu à une augmentation ininterrompue de la température. Ou fermeture inopportune d'une vanne le long de la canalisation de refoulement.

Bon nombre de ces problèmes se manifestent en cas de commande à distance des pompes par un opérateur qui, dès lors, n'a plus de prise sur le processus.

L'une des causes les plus fréquentes de l'apparition de ce phénomène réside dans la sélection des pompes. Mieux, dans la sélection de pompes de trop grande capacité. En cas d'installation d'une pompe de trop grande

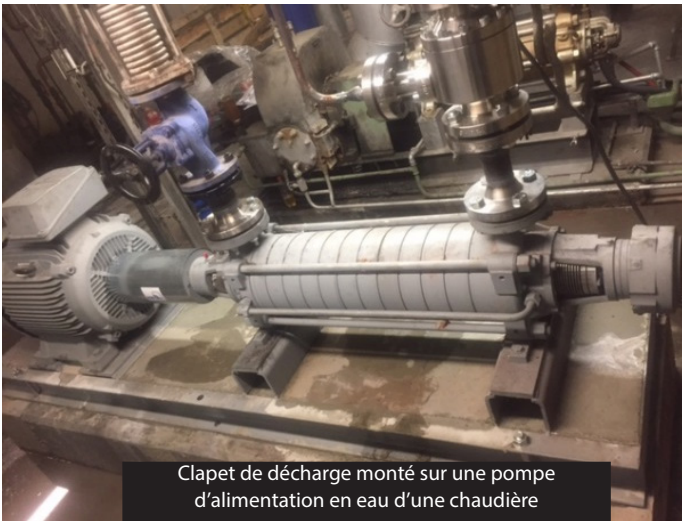
taille, sa plage de fonctionnement se situera (trop) à gauche sur sa courbe caractéristique et, par conséquent, le fluide pompé s'échauffera à l'excès. Donc il ne faut pas s'étonner si la région gauche de la courbe caractéristique de certaines pompes est soulignée d'un ÉPAIS trait vert -Qmin. La présence de ce trait permet au fabricant de fournir l'indication suivante : la pompe ne doit pas fonctionner en deçà de cette limite !

Que se passe-t-il ? Si le refoulement du fluide assuré par la pompe est inexistant ou insuffisant, les événements suivants sont susceptibles de se produire :

- Distension de conduites en matière synthétique
- Fusion de la graisse de lubrification des paliers
- Fuites au niveau des assemblages collés
- Production de bruit accrue
- Fusion du revêtement / peinture
- Fuites au niveau des garnitures d'étanchéité de la pompe
- Garniture d'étanchéité défectueuse
- Durée de vie utile de la pompe considérablement écourtée
- Endommagement du rotor et des enroulements
- Risque d'explosion de la pompe
- Échauffement superficiel
- Dépassement des limites de la classe de température ATEX.

Il ne faut pas non plus perdre de vue qu'un refoulement trop faible risque d'entraîner un échauffement du fluide en le portant à une température qui ne serait pas souhaitable pour le processus et/ou les propriétés dudit fluide, avec toutes les conséquences que cela implique.

Comment lutter contre ce risque d'échauffement ? Plusieurs moyens techniques permettent de protéger une



Clapet de décharge monté sur une pompe d'alimentation en eau d'une chaudière

pompe contre le risque d'échauffement : pose d'un contacteur / dispositif de protection anti-reflux dans la canalisation, installation d'un dispositif de surveillance de la puissance, montage d'une sonde de température en contact avec le fluide ou d'un dispositif de protection contre les surpressions au sein de la canalisation. Dans le cadre d'applications de pompage d'eau surchauffée (refroidissement limité du fluide concerné), on procède

d'ordinaire à l'installation d'un dispositif de protection mécanique : le clapet de décharge. Outre l'installation de tels dispositifs de sécurité, il faut naturellement veiller, dès la sélection de la pompe, à ce que sa plage de fonctionnement ne se situe pas trop à gauche sur sa courbe caractéristique. C'est pourquoi il convient d'accorder une attention particulière aux points de fonctionnement de l'installation qu'il faut connaître pour être à même de calculer les caractéristiques de la pompe requise.

Phénomène inverse de l'échauffement excessif, mais tout aussi destructeur : le blocage par congélation de la pompe.



Notre manuel et notre documentation vous permettront de découvrir dans quelle plage de températures la pompe envisagée est employable. Dans la pratique, on assiste parfois à la survenue d'un incident fortuit parce que les propriétés du liquide à pomper importent également.

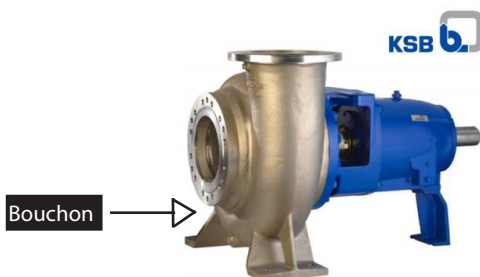
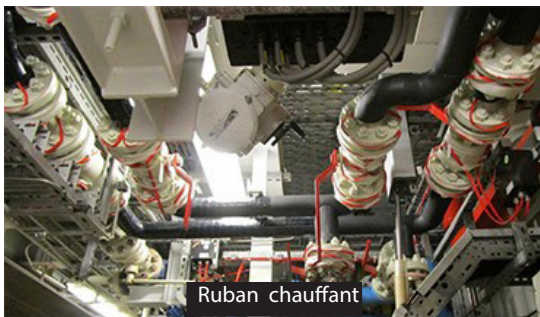
Il suffit d'observer une fontaine gelée pour comprendre qu'une pompe centrifuge n'est pas conçue pour pomper de la glace à l'état solide. La dilatation de l'eau refroidie en est l'une des propriétés bien connues (que partagent la plupart des autres liquides).



Si une pompe hors service est susceptible de geler sous l'influence des conditions atmosphériques, il est préférable de la purger.

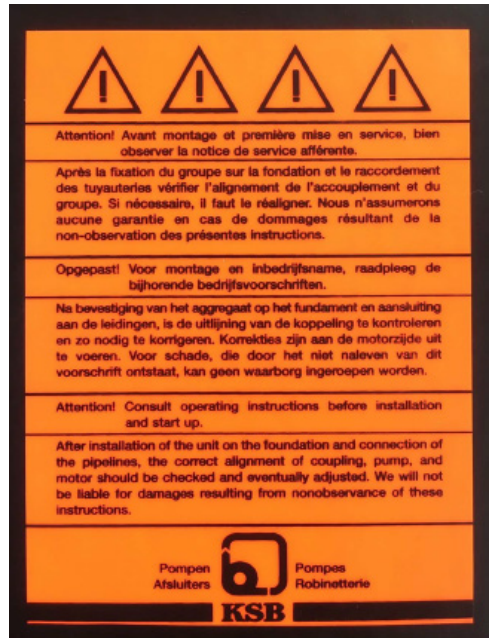
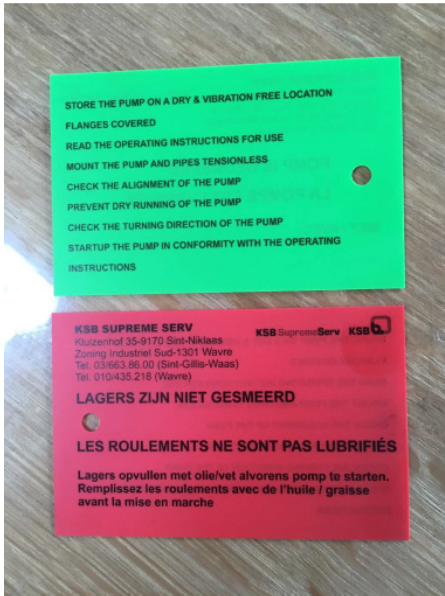
La prévention du gel des pompes et canalisations consiste également à les réchauffer de surcroît au moyen d'un ruban chauffant ou tracing dès que la température ambiante chute en deçà d'une valeur déterminée. Ces dispositifs sont souvent équipés d'un thermostat incorporé. Ce thermostat veille à la mise en service du ruban dès que la température descend en deçà d'une valeur déterminée. Si la pompe doit

rester plus longtemps hors service, il convient de purger les pompes et canalisations susceptibles de geler. La plupart des fabricants pourvoient à cette fin le corps de leurs pompes d'un bouchon de vidange.



Enfin, certains fabricants suspendent un « carton rouge » à leur pompe dans le souci de réduire au maximum les risques de panne inutile.

Mais, même un carton rouge sur lequel figurent quelques règles simples ne manquera pas d'échapper régulièrement à l'attention des utilisateurs de pompes. Pour un expert en pompes, une telle négligence est d'autant plus douloureuse que les dégâts qui en résultent sont faciles à éviter.



Autre cas de figure : où est donc passé ce précieux manuel (proposé même dans une version néerlandaise par le meilleur fabricant de pompes) après le déballage de la pompe ? Justement, ce document si important a probablement atterri à un endroit aberrant...

Standardised Chemical Pump

CPKN

Bearings UP02 to UP06 and P08

Installation/Operating Manual





# Destructeur de pompes n°9

## Modalités d'exécution de la maintenance, nature des opérations de maintenance ?

Arrêt fréquent de moteurs sur intervention de leur relais thermique de protection ?

Destruction prématurée des accouplements d'arbres ?

Bouchage des pompes de plus en plus fréquent ?

Dégradation trop rapide de paliers nécessitant leur remplacement ?

Garnitures mécaniques d'étanchéité défectueuses au bout d'un laps de temps de plus en plus court ?

Production d'un bruit excessif qui va en s'aggravant au fil du temps ?

La liste d'indices que laisse ce destructeur de pompes est interminable. C'est vraisemblablement la raison pour laquelle nous disposons d'un nombre aussi considérable de photos.



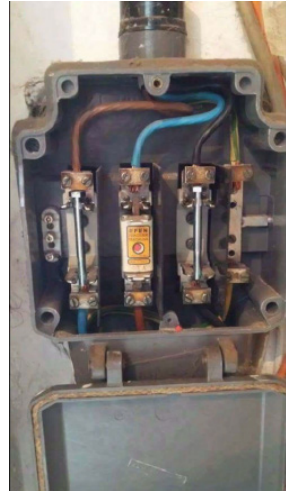
- À titre d'illustration : nous trouvons normal d'amener en temps utile notre voiture au garage pour procéder à son entretien, de (faire) repeindre notre logement ou d'entretenir notre jardin d'agrément. Mais lorsqu'il s'agit de pompes centrifuges, dont il arrive souvent que la poursuite du processus industriel concerné dépende étroitement, leur maintenance paraît tout d'un coup beaucoup moins évidente. Ce corps de pompe a été rafistolé au polyester par une entreprise de révision. Intervention on ne peut plus rapide et vraisemblablement peu onéreuse, me direz-vous.

Comment ce phénomène a-t-il pu prendre une telle ampleur ? Le fait que l'on ne prenne pas toujours au sérieux la maintenance des installations de pompage est peut-être dû à la robustesse des pompes que les industriels construisaient encore il y a une quinzaine d'années. De nombreuses pièces étaient surdimensionnées ; par conséquent, leur usage sans discernement et leur maintenance insuffisante causaient moins rapidement l'apparition de problèmes. En cas de défaillance d'une pompe, la panne considérée comme normale relevait de la maintenance régulière. Aujourd'hui, les clients optent souvent pour des alternatives plus économiques et des pompes un peu moins robustes qui les font entrer plus tôt dans la zone dangereuse en cas d'utilisation intensive.



*Le débit de ces pompes était devenu insuffisant*

En cas de déclenchement régulier du relais thermique d'un moteur, l'opérateur peut toujours le réarmer sans se poser de question. Mais il pourrait aussi se pencher sur la raison du déclenchement systématique du relais thermique de ce moteur. La cause est parfois simple à éliminer. Le recours immodéré à des palliatifs tels que le bouton de réinitialisation permet de différer la maintenance... jusqu'à ce qu'il soit trop tard.



*Photo: "Cette garniture d'étanchéité réclame un minimum d'attention"*

Quelles seront les conséquences ? Négliger la maintenance d'une installation de pompage nuit considérablement à sa fiabilité. Les risques d'immobilisation et partant, de manque à gagner ainsi que de pertes de production sont plus importants.

Si les paliers ne sont pas lubrifiés, à intervalles réguliers, au moyen d'une graisse adéquate en quantité appropriée, il faudra les remplacer par de nouveaux articles bien avant l'expiration de la durée de vie indiquée par le fabricant. Un moteur électrique dont le refroidissement est insuffisant parce que sa ventilation n'est pas optimale souffrira d'un vieillissement accéléré qui en imposera le remplacement prématuré.



*Photo: "Paliers à encrassement lubrifiant, une utopie"*



*Photo: KSB PUMP GUARD*

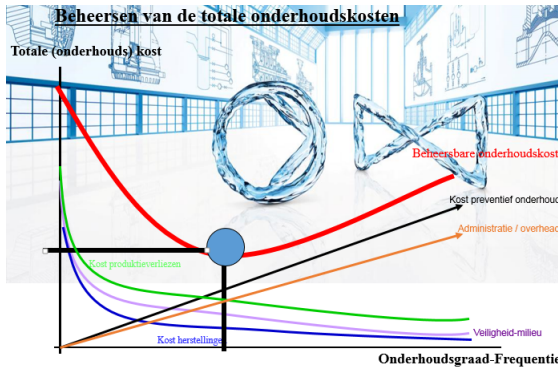


Que faire? Soyons clairs : la maintenance d'une pompe peut et doit être planifiée. Hélas, nous n'en sommes pas encore au point de voir s'afficher, comme dans votre voiture, un message rappelant qu'il est temps de procéder à un entretien spécifique. Quoique le système KSB PUMPGUARD se rapproche de cet objectif (pour plus d'informations, consultez notre site Web : <https://www.ksb.com/ksb-be-fr>).

Bien entendu, il reste toujours l'option consistant à confier la maintenance à une entreprise spécialisée. Elles disposent souvent d'équipements de « surveillance d'état » qui permettent d'aider à maintenir toute installation de pompage dans un état de fonctionnement optimal.

Comment KSB SupremeServ peut-il nous aider ?

Interventions correctives ou préventives (respectant certaines échéances temporelles ou découlant d'une



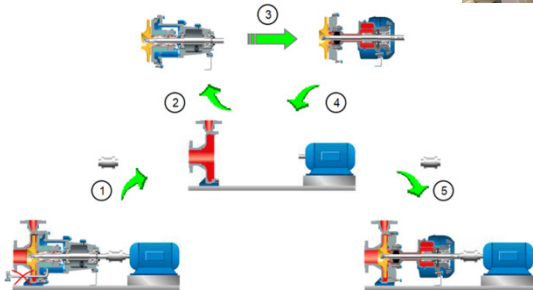
Efficacité totale de la machine = O.E.E.			
O.E.E. = B x S x K			
Productivité = O.E.E. x P			
Temps de production théorique			
P	Productivité = O.E.E. x P		Stagnation prévue
D	Temps de production brut		Stagnation imprévue
Disponibilité	Temps de production net	Perles de vitesse	dysfonctionnements techniques, ingénieurie, vacances, week-ends, nuis, processus, ruits,
V	Temps de production effectif	Perles de qualité	hors spécifications, déchets, lenteement, tests,...
Q	hors spécifications, déchets, perte de démarrage	tourne lentement, tests,...	chagements dus à des causes externes
gérable par le plan RCM		gérable par la production	

surveillance d'état). Nous nous sommes donnés pour objectif de définir, pour votre installation, un équilibre garantissant une maîtrise satisfaisante des coûts de maintenance de vos pompes.

*DIAPOSITIVE 1 : Les différentes stratégies de maintenance sont passées au crible dans le cadre de l'une des formations assurées par KSB SERVICE. Par ailleurs, nous vous indiquons où se situe le point d'équilibre idéal de votre installation.*

*DIAPOSITIVE 2 : L'O.E.E. ou « Overall Equipment Efficiency/Effectiveness » [Efficacité/rendement global de l'équipement] est l'un des nombreux aspects dont nous tenons compte.*

Le principe "Back - Pull-Out" :



KSB était à l'origine de ce système extrêmement facile à entretenir, grâce auquel le mobile complet de la pompe peut être échangé pour effectuer les réparations en quelques opérations simples.

L'accouplement long en 3 parties à la longueur appropriée nécessaire au démontage, sans devoir retirer le corps de la pompe des tuyaux ni déplacer le moteur. Ce qui suit est simple, la pompe est changée en un rien de temps, après quoi la révision peut commencer en toute tranquillité, selon les meilleurs standards de qualité et en particulier les pièces d'origine correctes.

Enfin dans ce destructeur, la plupart des gens veulent bien faire, mais s'arrêtent en bon chemin par ignorance ou par manque d'expérience.



Un vrai destructeur, c'est quand "nous l'avons toujours fait et ça marche" devient la devise des gens. Et en effet, avec un peu de chance, vous vous en débarrassez parfois ...

# Destructeur de pompes n°9.5

## Alignement : la précision est de mise...

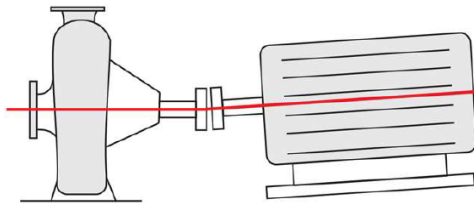
L'alignement méticuleux d'une pompe sur son moteur d'entraînement constitue l'une des opérations les plus importantes à exécuter lors de sa mise au point. Plus de 50 % des défaillances affectant les machines tournantes sont imputables à un alignement incorrect. De tels défauts d'alignement favorisent l'apparition de problèmes tels que l'usure ou la rupture d'accouplements, l'émission de vibrations ainsi qu'une usure excessive des paliers, garnitures d'étanchéité et bagues d'usure. Un mésalignement risque même de provoquer une rupture du socle sur lequel repose le corps de la pompe / le carter du moteur.

KSB (ainsi que la plupart des fabricants) assure la fourniture d'ensembles de pompage (pompe + moteur) montés sur une plaque d'assise et préalablement alignés en usine. Cependant, ces organes sont susceptibles de subir de petits déplacements pendant leur expédition et leur installation. Avant toute mise en service de la pompe, nous recommandons vivement de procéder à un contrôle de l'alignement pompe-moteur et, le cas échéant, de le rectifier dans le cadre du processus de mise en service. C'est au client qu'incombe la responsabilité de procéder à un montage solide de la plaque d'assise sur une fondation de qualité. Il se doit en particulier de préparer soigneusement la face supérieure de la fondation de telle sorte que l'ancrage de la plaque d'assise n'entraîne aucune surcharge ni aucune déformation de cette dernière.

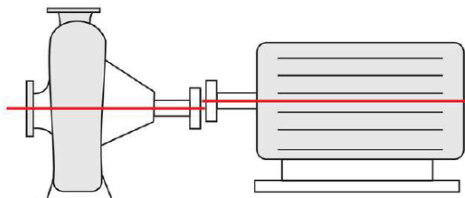
Après avoir correctement installé l'ensemble de pompage, on peut procéder à un contrôle de l'alignement définitif et le rectifier au besoin. Naturellement, un nouvel alignement s'impose en cas de déplacement ou de remplacement de la pompe ou du moteur.

Qu'entend-on par « alignement » ? Les pompes à couplage long sont équipées d'arbres de pompe et de moteur distincts, reliés par un dispositif d'accouplement. Dans le cas idéal, les deux arbres sont parfaitement parallèles et présentent le même diamètre. Les accouplements flexibles sont à même de supporter les petits défauts d'alignement ; mais pour garantir un fonctionnement souple et sans problème, il est capital d'aligner ces deux arbres en respectant les tolérances indiquées par les fabricants de pompes, moteurs et accouplements. Les défauts d'alignement à l'origine de problèmes sont de deux natures :

1. Écart angulaire : les axes de l'arbre du moteur et de l'arbre de la pompe forment entre eux un angle non plat.



2. Alignement parallèle : les arbres sont parallèles, mais leurs axes respectifs sont décalés l'un par rapport à l'autre dans un plan vertical ou horizontal.



Les machines dont l'alignement est incorrect souffriront généralement d'une combinaison de défauts d'alignement angulaires et parallèles.

Solution : procéder à une évaluation (manuelle / conventionnelle) de l'alignement incorrect

La première étape de la procédure d'alignement correct de pompes et de moteurs consiste à évaluer le degré d'alignement. Les procédures d'évaluation requises sont d'une grande simplicité conceptuelle, mais leur exécution précise sur site peut s'avérer difficile.

S'agissant de la rectification des écarts angulaires, l'approche qui suit est relativement simple :

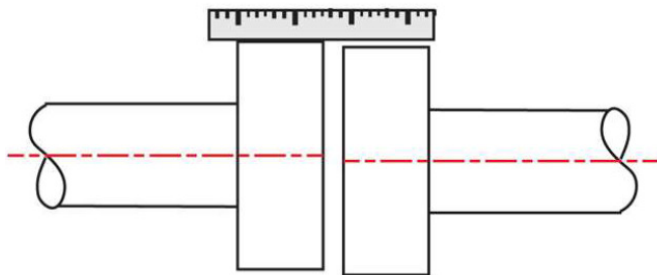
Veillez à ce que les brides d'accouplement des arbres du moteur et de la pompe (demi-accouplements) soient proches l'une de l'autre mais désaccouplées. Repérez un point sur chacun des arbres et mesurez ensuite la distance entre les deux brides à l'aide d'un micromètre ou d'une jauge d'épaisseur.

Faites subir à ces deux arbres une rotation voisine de 90 degrés, en veillant à maintenir la proximité des repères posés. Mesurez à nouveau la distance qui sépare les deux brides. Répétez cette opération après avoir exécuté une rotation de 180, puis de 270 degrés par rapport à la position initiale.

Si la distance de séparation des brides demeure constante après chaque rotation des arbres, on peut considérer qu'ils sont parallèles. Tout écart relevé lors des mesures de la distance de séparation des brides indique toutefois que l'alignement des arbres laisse à désirer.



Une procédure comparable permet d'évaluer les défauts d'alignement parallèles. Cette procédure consiste à poser une règle graduée sur l'une des brides et à mesurer la distance qui sépare celle-ci de l'autre bride.



Il faut à nouveau faire subir plusieurs rotations équivalentes aux deux arbres et consigner toute variation des distances mesurées.

Il est possible de mesurer avec plus de précision l'inclinaison mutuelle des arbres de la pompe et du moteur au moyen de comparateurs à cadran ou d'instruments de mesure laser. Doués d'une précision accrue, les instruments de mesure laser sont également dotés de fonctions automatisées qui simplifient et accélèrent la mesure de l'alignement d'arbres.

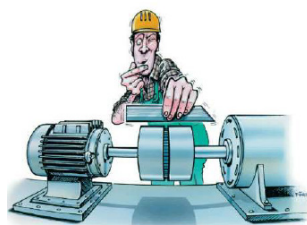
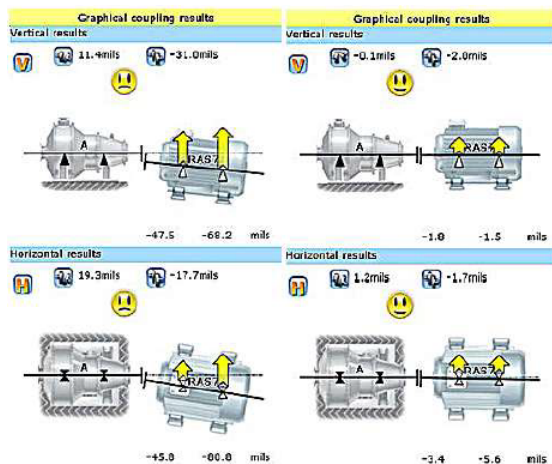


Photo : Alignement d'une pompe, à effectuer nécessairement au moyen d'un appareil laser



Les dommages (consécutifs) infligés à la pompe se manifestent comme suit :

- Paliers rendus défectueux par la fusion de leur graisse de lubrification consécutivement à un échauffement excessif
- Moteurs dont la durée de vie utile est écourtée en raison de problèmes de paliers
- Défauts multiples affectant les garnitures mécaniques d'étanchéité et provoqués par des vibrations
- Augmentation de la consommation de courant / de la résistance au roulement
- Dégradation / usure plus rapide des accouplements
- Grippage des bagues d'usure de la pompe
- Désolidarisation de composants sous l'effet de vibrations
- ... bien d'autres encore



*Photo : Un mauvais alignement risque même d'être à l'origine d'une fissuration de la fondation de la pompe.*



*Photo : Cassure*

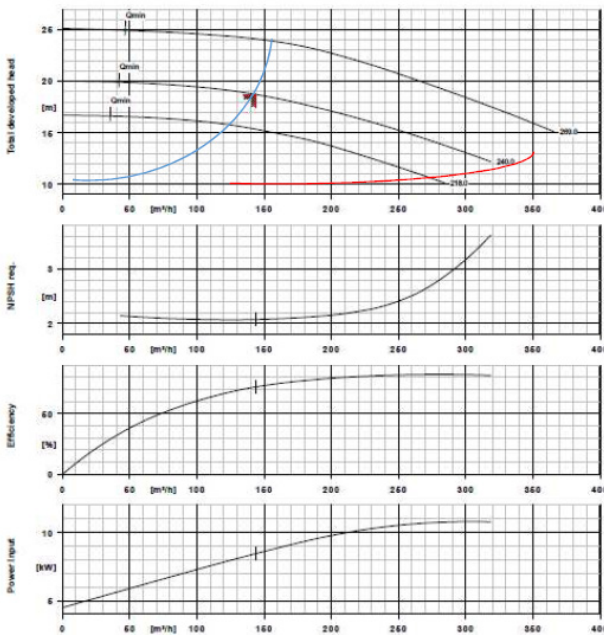


*Caméra thermique "if you can't stand the heat,..."*

Répetons-le : Une pompe n'est jamais parfaitement alignée à sa livraison. Le transport, l'installation et le raccordement d'une pompe requiert TOUJOURS l'exécution d'une procédure d'alignement correct.

# Destructeur de pompes n°10

Les conditions de fonctionnement de la pompe sont trop éloignées de son BEP /  $Q_{opt}$ .



Le diagramme élaboré par le fabricant de pompes rend compte des performances de la pompe considérée. Ce diagramme illustre souvent la relation entre le débit et la hauteur de refoulement, entre le débit et le rendement, entre le rapport débit/puissance absorbée et le rapport débit/NPSHreq. S'agissant du destructeur de pompes dont nous allons parler dans ce chapitre, nous nous bornerons à examiner la relation entre le débit et la hauteur de refoulement que l'on désigne également par l'expression courbe caractéristique de la pompe, laquelle figure dans le cadre supérieur.

Cette courbe que nous appelons courbe caractéristique de la pompe montre qu'à tout débit de la pompe correspond une hauteur de refoulement déterminée.

Cette courbe nous révèle que plus le débit augmente, plus la hauteur de refoulement diminue. Cette corrélation est due au fait que la pompe ne peut céder qu'une quantité déterminée d'énergie cinétique au fluide pompé. Plus la quantité de fluide à pomper est importante, plus la répartition de l'énergie cinétique cédée sera diffuse.

Comment ce phénomène se produit-il ? Outre cette courbe caractéristique de la pompe, l'existence de pertes de charge au sein de l'installation donnera également lieu à l'établissement d'un diagramme mettant en relation le débit et les pertes de charge. Nous avons coutume de la nommer courbe réseau.

**Illustration ci-dessus :** « Le fonctionnement de la pompe se situe dans les limites de la courbe » - Illustration KSB. Susceptible de figurer sur le diagramme de la courbe caractéristique de la pompe, cette courbe caractéristique de l'installation (ligne bleue) coupera en un point déterminé la courbe de la pompe que l'on a coutume de nommer point de fonctionnement. Si ces courbes se coupent, on dit que : « le fonctionnement de la pompe se situe dans les limites de la courbe ».

Si la courbe de la pompe et la courbe caractéristique de l'installation ne se rencontrent pas, on dit que « Le fonctionnement de la pompe se situe en dehors des limites de la courbe » - (ligne rouge).

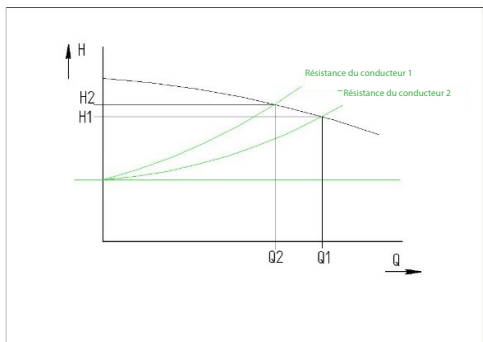
Quelles seront les conséquences ? En cas de « fonctionnement en dehors des limites de la courbe », la pompe concernée s'efforcera de générer un débit suffisant pour que les courbes caractéristiques de la pompe et de l'installation se coupent à nouveau. Comme elle n'est pas conçue pour délivrer un débit beaucoup trop important qui n'est pas à sa portée, cette pompe connaîtra très rapidement une défaillance (emballement).

Les conséquences d'un tel dysfonctionnement sont sérieuses. La liste de dommages susceptibles d'être infligés est interminable : rupture d'arbres, roues en inox dont les soudures lâchent, roues en fonte dont les pales se ponctuent de piqûres, roues en inox qui se séparent de leur noyau, vibrations excessives et production de bruit, pour n'en citer que quelques-uns.

Dans la pratique, on observe même dans certains cas qu'une heure de dysfonctionnement suffit à briser un arbre. Il va sans dire que ces défaillances ont coutume de se produire précisément lorsque l'on ne peut se passer de la pompe concernée.

Comment prévenir ce risque ? La pompe et la tuyauterie doivent être parfaitement adaptées l'une à l'autre. Si les courbes caractéristiques de l'installation et de la pompe se coupent à proximité du point de rendement maximal (BEP), les résultats des calculs effectués sont parfaitement recevables.

Si ces courbes caractéristiques s'en écartent ou pire, ne présentent aucun point d'intersection, il convient de prendre les mesures qui suivent :



SES- System Efficiency Service®

(Pour plus d'informations concernant cet enregistreur de données, veuillez vous rendre sur notre site Web <https://www.ksb.com/ksb-be-fr>)

Pour revenir à une situation acceptable, on peut procéder à l'installation d'une

1. Vanne de régulation : la fermeture de cette dernière permet d'augmenter, les pertes de charge au point que les courbes caractéristiques de l'installation et de la pompe se coupent à nouveau. Dans la pratique, cette option présente toutefois l'inconvénient suivant : l'ouverture par ignorance de cette vanne se traduira par un retour de la pompe à un fonctionnement en dehors des limites de sa courbe avec toutes les conséquences que cela comporte (bien que certaines vannes de régulation soient équipées d'un dispositif de blocage ou que l'on puisse tout simplement en démonter le levier ou le volant de commande).



*Disque perforé, diaphragme ou orifice"*

2. Ces éléments se montent entre deux brides. Leur présence augmente la résistance et donc, les pertes de charge. Cette option est plus intéressante que le montage d'une vanne de régulation parce qu'aucun utilisateur ne risque d'ouvrir par ignorance de tels éléments.

Dans ces deux cas de figure, il s'agit à nouveau, comme nous vous en avons déjà fait part dans un article antérieur, de donner des gaz tout en appuyant sur la pédale de frein. Je reviendrai plus tard sur le calcul des diaphragmes.



3. Variateur de fréquence : il s'agit sans conteste de la meilleure option parce que la baisse de régime qu'autorise cet organe en font l'option la plus économique des trois.

Nous pouvons en conclure que toutes les solutions susmentionnées ne sont en principe que des palliatifs dans la mesure où le fonctionnement d'une pompe « en dehors des limites de sa courbe » en implique la sélection erronée. Si la sélection de la pompe s'écarte complètement des critères définis, il vaut mieux procéder à l'installation d'une autre pompe dont les courbes se coupent, de préférence, le plus près possible du point de rendement maximal.

Quelles sont les raisons d'une telle erreur ? Pendant la phase de conception, ni le débit que la pompe est censée délivrer ni les sections des canalisations à installer ne sont forcément connus. Alors on procède aux calculs requis en se fondant sur des pertes de charge et un débit estimatifs avant de sélectionner la pompe en se basant sur les résultats obtenus.

En outre, il arrive régulièrement que l'on ait procédé au calcul d'une installation de pompage ainsi qu'à la sélection de la pompe requise sur la base des résultats obtenus, mais que ces calculs et critères de sélection de la pompe doivent encore être approuvés par des tiers. Dans le pire des cas, chacun d'entre eux opte, par souci de sécurité, pour une pompe d'une taille légèrement supérieure. En définitive, on disposera d'une pompe dont le surdimensionnement s'opposera à un fonctionnement optimal.



*Pompe surdimensionnée*



*Photo : Usinage d'une roue*



*Photo : Régulation du débit au moyen d'une vanne...*



*...ou d'un VSD (photo KSB Pumpdrive)*

## CONCLUSION

La présentation de ce dixième destructeur de pompes clôture provisoirement cette série, ce qui NE veut absolument PAS dire que leur décompte s'arrête là.

Dans une prochaine édition, nous nous pencherons plus avant sur les méthodes et stratégies de maintenance pour protéger nos pompes bien-aimées et leur garantir une durée de vie enviable.

Fiabilité, disponibilité et aptitude à la maintenance en seront les mots clés... [KSB SupremeServ Belgium](#)

Si vous vous posez des questions ou souhaitez en savoir plus, n'hésitez pas à vous adresser à :

Wim De Mesmaeker  
Service Manager  
KSB SupremeServ Belgium  
Mobile: +32 472 39 26 70  
[wim.demesmaeker@ksb.com](mailto:wim.demesmaeker@ksb.com)

**Votre pompe KSB demeure une pompe KSB grâce aux pièces d'origine KSB**

[https://www.ksb.com/ksb-be-fr/Produits\\_et\\_Services/Service\\_et\\_Pieces\\_de\\_rechange/](https://www.ksb.com/ksb-be-fr/Produits_et_Services/Service_et_Pieces_de_rechange/)



## La technologie **qui fait référence**

Plus d'informations  
sur KSB SupremeServ



Service Center Wavre  
[be.service@ksb.com](mailto:be.service@ksb.com)

Tél. +32 (0) 10 43 52 11  
Fax +32 (0) 10 43 52 55

Service Center St-Gillis-Waas  
Kluizenhof 35  
9170 Sint-Gillis-Waas  
[be.service@ksb.com](mailto:be.service@ksb.com)

Tél. +32 (0) 3 663 8600  
Fax +32 (0) 3 663 8601



N.V. KSB Belgium S.A.  
Zoning Industriel Sud • B-1301 Wavre / Bierges  
Tél. : + 32 (0) 10 43 52 11 • Fax : +32 (0) 10 43 52 55

Retrouvez nous sur  
[www.ksbbelgium.be](http://www.ksbbelgium.be)