

## I. Introduction

Les « systèmes hydrauliques » selon leur dénomination courante permettent à l'énergie de se déplacer d'un point à un autre.

Ces systèmes utilisés sur nos sites industriels, sont améliorés de manière continue et sont largement préférés à n'importe quelle solution mécanique. En particulier, lorsque le mouvement doit être précis.

Les pompes sont des appareils qui génèrent une différence de pression entre les tubulures d'entrée et de sortie.

On appelle pompe tout appareil qui aspire un fluide d'une région à basse pression pour le refouler vers une région à plus grande pression ainsi d'après cette définition on peut dire que le rôle de la pompe consiste à augmenter la pression du fluide.

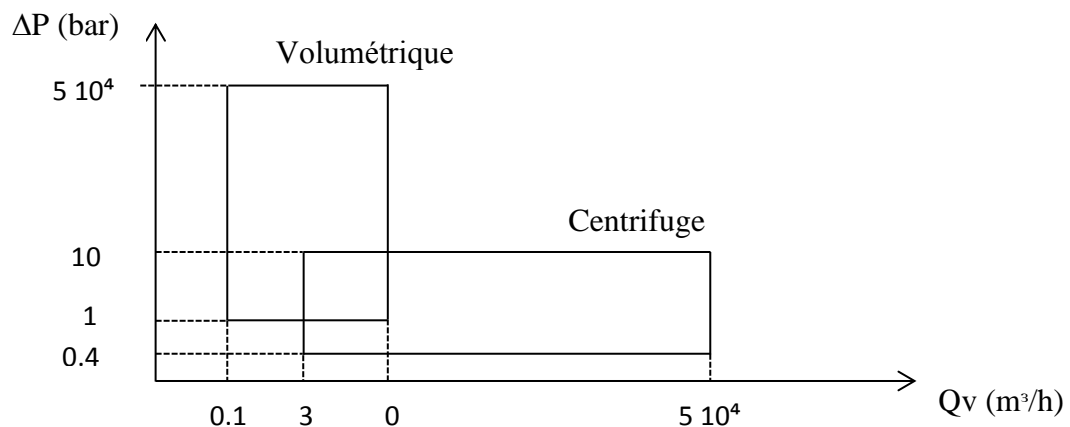
Ainsi, on peut vouloir augmenter le débit (accroissement d'énergie cinétique) ou/et augmenter la pression (accroissement d'énergie potentielle) pour des fluides gazeux, liquides, visqueux, très visqueux....C'est pourquoi la diversité des pompes est très grande.

Il existe différentes pompes qui peuvent se classer en deux grandes familles :

- Les pompes centrifuges
- Les pompes volumétriques

L'utilisation d'un type de pompes ou d'un autre dépend des conditions d'écoulement du fluide.

De manière générale, si on veut augmenter la pression d'un fluide on utilisera plutôt les pompes volumétriques, tandis que si on veut augmenter le débit on utilisera plutôt les pompes centrifuges. (Figure 14)

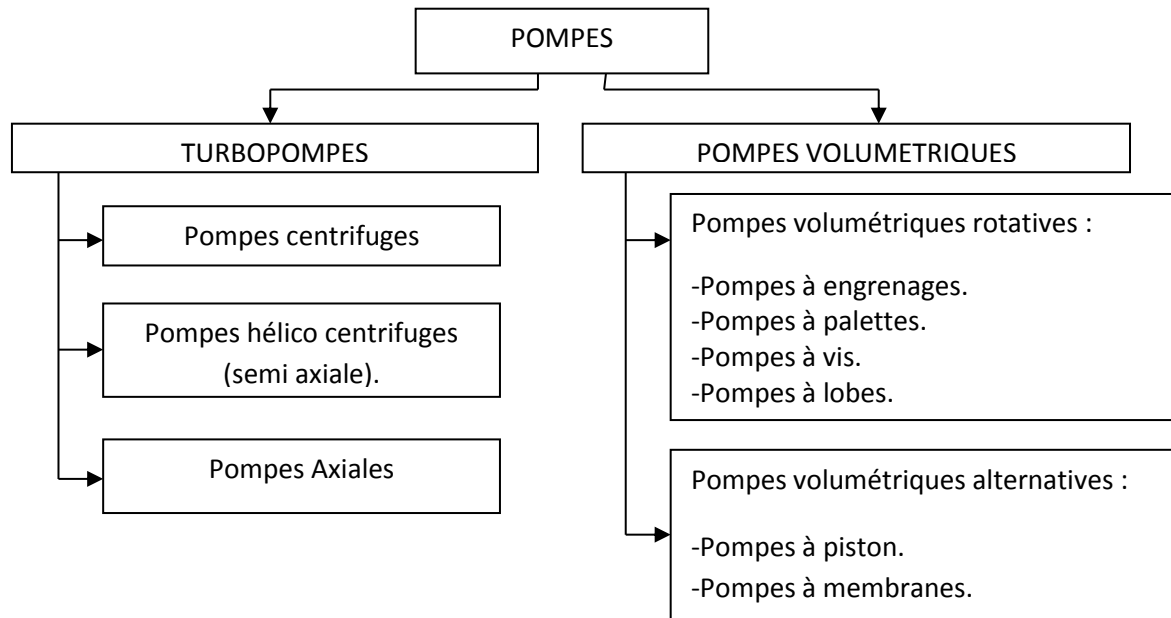


**Figure 14 : représentation graphique de la pression (pompe volumétrique et centrifuge)**

## II. Classification des pompes

Toutes les pompes sont divisées en deux classes principales selon le mode de fonctionnement :

- les pompes volumétriques.
- Les turbopompes.



**Tableau 02 : Classification des pompes**

L'exploitation d'une pompe consiste à lui faire assurer le plus longtemps possible le débit désiré.

La conduite de la machine peut, elle aussi influencer sa durée de vie.

C'est pour cette raison que l'opérateur devra contrôler les éléments suivants lors du fonctionnement de la machine :

### Pour les pompes centrifuges

- La pression de refoulement
- La pression d'aspiration
- La différence de pression sur le filtre d'aspiration.
- La température des paliers
- Les bruits anormaux (coups de bélier, cavitation : phénomènes expliqués ci-dessous)
- Les fuites d'étanchéités mécaniques
- La température de refroidissement moyenne

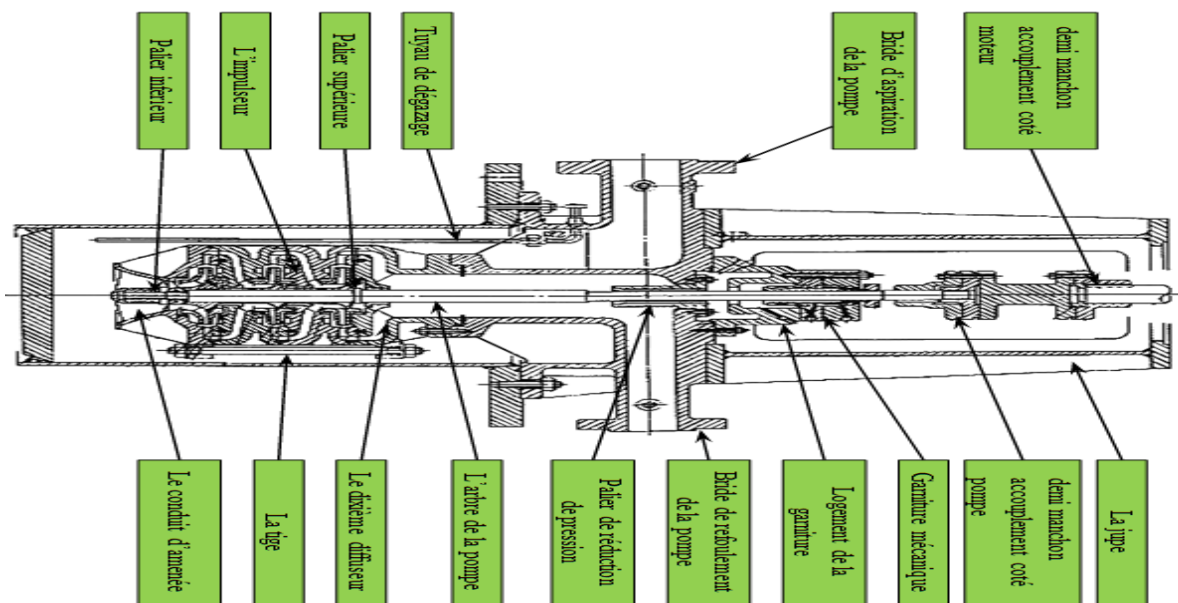
- Le système de lubrification d'huile (Pression, Température et Niveau)
- La consommation de puissance en Ampère (L'intensité)
- Les vibrations

### Pour les pompes volumétriques

- La pression de refoulement
- La pression d'aspiration
- Les fuites sur la pompe.
- Le système de lubrification d'huile (Pression, Température et Niveau)
- Le système de refroidissement

De plus, un certain nombre d'aléas hydrauliques peuvent perturber, voire empêcher, le bon fonctionnement de la pompe. (Figure 15)

C'est notamment le cas, au moment de l'amorçage, lorsqu'il y a des coups de bélier ou de la cavitation. [3]



**Figure 15: Dégradations typiques sur les pompes volumétriques**

### Mise à disposition d'une pompe volumétrique

Pour l'isolation d'une pompe il faut réaliser les étapes suivantes :

- Arrêter la pompe Isoler la puissance électrique
- Fermer la vanne d'aspiration et de refoulement
- Dépressuriser les lignes d'aspiration et de refoulement
- Respecter ensuite les procédures de sécurité recommandées dans le permis de travail.

### III. Maintenance 1<sup>ère</sup> degré

Le but de n'est pas submerger de théories mais d'essayer de donner des notions concrètes permettant de savoir si une machine fonctionne normalement, de prévoir l'ennui éventuel et si possible de l'éviter sinon d'y remédier.

#### III.1. Analyse des symptômes

##### III.1.1. Bruits normaux

L'intensité moyenne de bruit aérien d'une pompe est de 70 à 80 dBa.

Les bruits sont différents suivant la taille de la machine, sa vitesse, la densité et la viscosité du liquide véhiculé.

Ils ont diverses origines :

- Bruits dus à l'écoulement du fluide dans la tuyauterie
- Bruits prenant naissance dans la roue de la pompe chocs hydrauliques à l'entrée de l'aube
- passage des aubes devant le bec de volute ou devant les entrées d'aubes du diffuseur
- Bruits des roulements
- Bruits de sifflement provoqués par un étranglement (diaphragmes - vannes - clapets)
- Bruits côté moteur ventilateur roulements bruits magnétiques

On note au passage qu'en général, les moteurs sont plus bruyants que les pompes (jusqu'à 110 dBa).

##### III.1.2. Bruits anormaux

On ne peut pas donner de définition précise.

En général, il y a inquiétude au sujet d'un bruit lorsque celui-ci a changé par rapport au fonctionnement habituel :

##### **Bruits d'origine mécanique**

- paliers (roulements ou lisses)
- trépidations (bruit de marteau piqueur)
- bruits d'accouplement (taquets usés, mauvais lignage, denture matée ou usée)

##### **Bruits d'origine électrique**

- bruit de surcharge modulé très difficile à distinguer et à analyser

##### **Bruits d'origine hydraulique**

- bruit au passage de rétrécissements trop forts ou au passage d'obstacles

- bruit de filtre bouché (sifflement rappelant celui du serpent).
- bruit de cavitation (un bruit identique est causé par le passage de gravier dans la pompe. C'est aussi un peu le bruit de concasseur)

### III.1.3. La cavitation

Quand une pompe cavite, c'est en général qu'il y a eu baisse de pression à l'aspiration, il faut donc rétablir une pression correcte.

En diminuant le débit de la pompe par fermeture partielle de la vanne de refoulement, on réduit et même supprime la cavitation, mais ceci n'est qu'un palliatif et il faut toujours rechercher la cause d'une cavitation.

La cavitation se produit généralement dans:

- les pompes lorsque les conditions d'aspiration correcte ne sont pas remplies.
- les autres appareils du circuit (vérins, soupapes) lorsque la vitesse de l'huile augmente à un tel point qu'elle crée la dépression décrite précédemment.

La cavitation se remarque de façon sonore:

- sur une pompe lorsque celle-ci est bruyante.
- sur un vérin lorsque, suite à un déplacement rapide, on entend un son sifflant.

Lorsqu'une pompe devient bruyante, il faut intervenir rapidement pour éviter une détérioration prématurée. Les causes sont:

- vitesse de rotation élevée.
- mauvaise aspiration de l'huile.
- aspiration de l'air provoquant une émulsion de l'huile.
- viscosité de l'huile trop élevée.



Figure 16 : Pièces de cavitation

**Nota:** La cavitation par émulsion est le résultat d'une entrée d'air dans le circuit (raccord défectueux,..). On observe alors une formation de mousse sur le niveau d'huile et le bruit de la pompe augmentant progressivement. Cette émulsion est très longue à se dissiper dans le réservoir et on sera amené à remplacer le fluide.

Photos illustrant le phénomène de cavitation sur des aubes de pompe centrifuge. [4]

**Pompe :**

- usure de la roue
- destruction des bagues d'étanchéité

Nota : une pompe peut cavité dans les petits débits

**Remèdes**

Vérifier les points précédemment énumérés et modifier celui ou ceux dont l'évolution a été néfaste.

Une pompe peut fonctionner pendant un temps très court en cavitation.

Il ne faut pas prolonger cet état de chose.

La destruction est en général très rapide (fonction du matériau). Arrêter la machine.

**III.1.4. Les vibrations**

Dans le temps, l'inspecteur "vérifiait" les vibrations d'une machine :

- Directement à la main,
- En écoutant la machine (tournevis, crayons, ...),
- En faisant le test de la pièce de monnaie.

Actuellement, on utilise de véritables instruments de mesure qui permettent :

- De déterminer l'état d'usure d'une machine,
- De déterminer quelle partie de la machine est déficiente, et qui sont suffisamment précis pour surveiller l'évolution de chaque machine.

**à)- Nature des vibrations**

Une vibration est le mouvement oscillatoire d'une pièce, ou d'une partie de matériel autour d'un point de référence.

Une pièce fissurée, ou corrodée par fissuration transmet la vibration anarchiquement ou se rompt sous l'effet de vibration.

Les milieux visqueux, ou liquides, transmettent les vibrations en les amortissant légèrement.

Par contre, dans le cas de vapeur ou de gaz, la transmission de la vibration se fait sous forme sonore, infrasonore ou ultrasonore et il y a un amortissement assez important.

**b)- Intérêt de l'entretien par les vibrations**

L'analyse des vibrations d'un parc de machines, permet d'éviter des dépenses importantes d'entretien des machines. En effet :

- Les durées entre visites générales sont allongées de façon sûre,
- L'évolution de chaque machine est surveillée et les pannes catastrophiques peuvent être évitées,
- La recherche des parties mécaniques déficientes est améliorée par le "diagnostic" plus fin offert par l'analyse de vibrations.

En résumé, en surveillant les vibrations d'une machine :

- on arrête la machine ni trop tôt ni trop tard,
- la durée de chaque intervention peut se trouver réduite.

**III.1.5. Les coups de bélier****Origine :**

Toute modification brutale de la vitesse d'écoulement d'un fluide dans une tuyauterie se traduit par la création d'une onde de pression.

Cette onde possède sa propre vitesse de propagation (env. 1000 m/s). Elle effectue un va et vient à l'intérieur de la tuyauterie où elle a pris naissance, entre les deux extrémités de celle-ci.

Plus la variation de vitesse de l'écoulement est importante et plus le temps dans lequel cette variation est effectuée est court, plus l'amplitude de l'onde qui se propage est importante.

Ce phénomène peut se traduire sur toutes conduites, aussi bien à l'aspiration qu'au refoulement d'une pompe, au démarrage qu'à l'arrêt du groupe.

En général, les cas les plus dangereux sont :

- arrêt brutal par disjonction inopinée d'un ou plusieurs groupes
- électropompes alimentant une conduite de refoulement débitant sur un réservoir.
- fermeture instantanée ou trop rapide d'une vanne de sectionnement ou d'un robinet d'obturation placé en bout d'une conduite d'adduction.

**Conséquences**

Entre autres

- augmentation brutale de la pression
- éclatement de tuyauterie
- éclatement du corps de pompe

- fuites au joint entre deux éléments

**Remèdes**

- en dépannage : fermeture progressive de la vanne de refoulement de la pompe avant l'arrêt
- en action de fonds : faire faire une étude anti-bélier par des spécialistes

**Nota :** Ne pas confondre coup de bélier et coup de clapet (fermeture brutale d'un clapet à battant au refoulement)

**III.1.6. Fuites****a)- Fuites externes**

- Presse-étoupe à tresses - l'eau doit toujours goutter- le presse-étoupe doit être lubrifié d'où fuite normale
- Garniture mécanique - le film entre les deux surfaces de friction est constamment renouvelé, mais il n'y a pas fuite apparente
- Joints - mauvais serrage ou joint claqué

**b)- Fuites internes**

- Film liquide dans les pompes équilibrées par disque et contre-disque
- Bagues étanchéité usées = recirculation interne

**Nota :** fuite d'huile au palier outre les causes classiques de fuites d'huile dues à des destructions de joints ou feutres, il peut se produire la chose suivante : Une pompe fonctionne avec un mauvais lignage.

Nous l'avons vu, cela entre autres entraîne une destruction des roulements (ou des paliers).

Ceux-ci chauffent.

L'huile chauffée s'émulsionne, déborde- le palier fuit.

On arrête la pompe. On refait le lignage et on remet le groupe en marche.

Mais la quantité d'huile dans la chaise-palier n'est plus la même, une partie vient d'être perdue.

Cela peut être en grande quantité à un point tel que l'huile restante est insuffisante pour arriver au niveau des paliers ou des roulements. [6]

**III.1.7. Paramètres modifiés**

Enfin, un des points à aborder est le cas où la pompe ne délivre plus ce qu'elle faisait auparavant.



Ceci peut-être lié à :

- Une mauvaise information donnée par le manomètre
- Une restriction en amont ou en aval. Exemple : filtre d'aspiration bouché
- Un changement de composition du fluide (nouvelle viscosité, entraînement de méthanol dans le liquide pompé)

Le diagnostic est l'identification de la cause d'une anomalie de fonctionnement. Il permet de connaître la gravité de la panne et donc de prendre une décision quant à l'arrêt de la machine, mais aussi de pouvoir indiquer précisément le travail à demander au service entretien.

Il est primordial (dans la mesure du possible) de comparer les paramètres et données de fonctionnement de la pompe en défaut aux paramètres qu'elle avait juste avant le défaut et de s'assurer que les conditions opératoires (process) n'ont pas évoluées entre temps.

Quelles peuvent être les causes de mauvais fonctionnement ?

### **III.2. Débit nul**

- Pompe non amorcée,
- Vitesse insuffisante (vérifier le moteur),
- Hauteur manométrique de l'installation supérieure à celle prévue,
- NPSH disponible insuffisant,
- Mauvais sens de rotation,
- Poches d'air dans la tuyauterie d'aspiration.

#### **III.2.1. Débit insuffisant**

- Entrée d'air à l'aspiration,
- Vitesse insuffisante,
- Hauteur manométrique de l'installation supérieure à celle prévue,
- Impulseur partiellement obstrué,
- Pression insuffisante à l'aspiration (cavitation),
- Bagues d'étanchéité usées ou impulseur détérioré,
- Clapet de pied trop petit ou engorgé,
- Clapet de pied insuffisamment immergé.

#### **III.2.2. Pression insuffisante**

- Entrée d'air dans la tuyauterie d'aspiration,
- Dégagement d'air ou de vapeur dans cette tuyauterie,
- Mêmes défauts mécaniques que ci-dessus : bagues d'étanchéité - Impulseur

**III.2.3. Désamorçage en marche**

- Entrée d'air dans la tuyauterie d'aspiration,
- Hauteur d'aspiration trop grande,
- Dégagement d'air ou vapeur dans le liquide,
- Entrée d'air par la boîte à étoupe.
- Echauffement

**III.2.4. Puissance absorbée exagérée**

- Vitesse trop élevée,
- Hauteur manométrique totale inférieure à celle prévue,
- Liquide pompé de densité ou de viscosités différentes de celles prévues,
- Défauts mécaniques.

**III.2.5. Vibration de la pompe**

- Mauvais alignement,
- Fondations insuffisantes,
- Corps étrangers dans l'impulseur, d'où déséquilibre,
- Défauts mécaniques - Arbre faussé,
- Frottement des organes intérieurs,
- Usure des roulements,
- Pompe sans eau,
- Cavitation. [6]

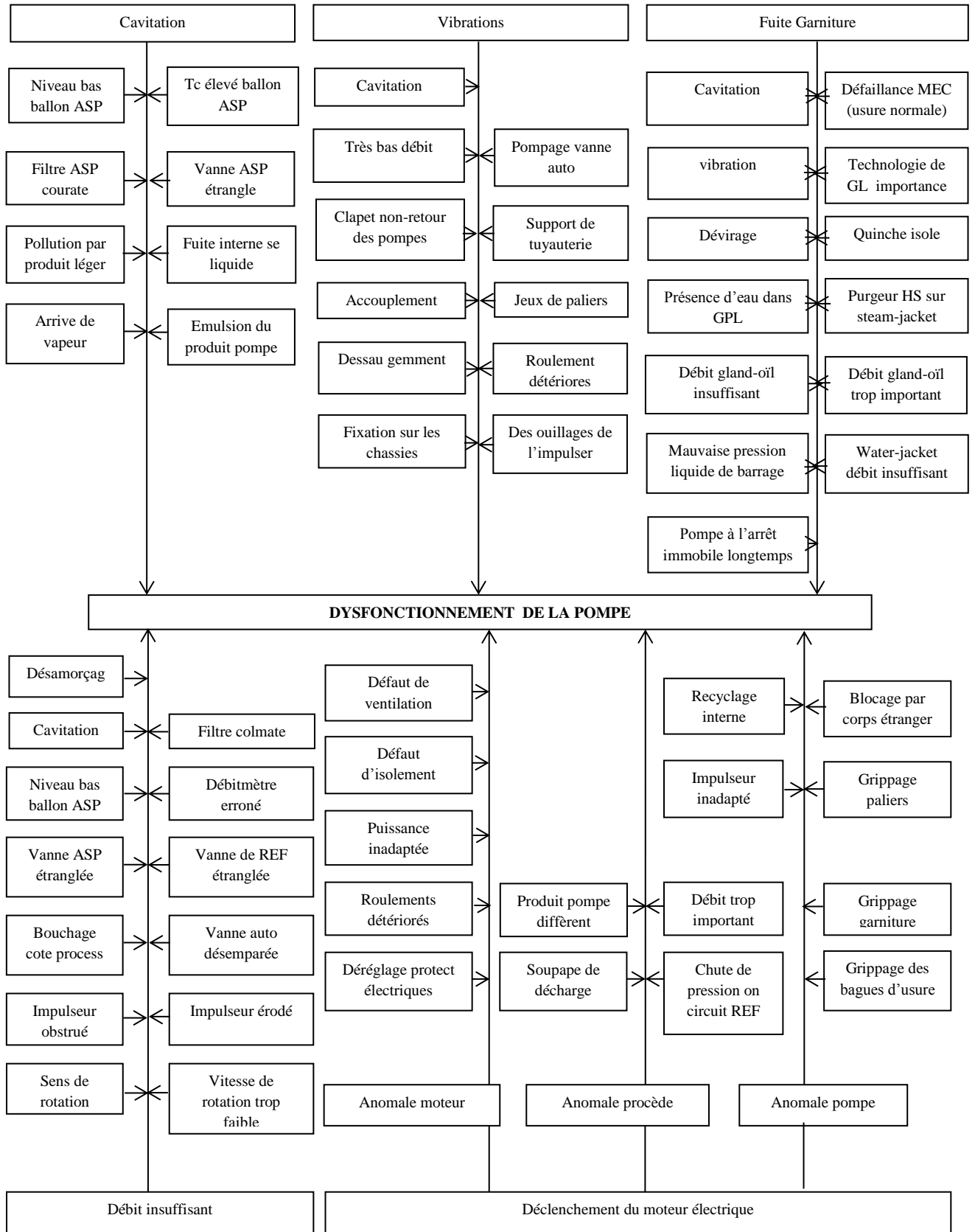


Tableau 03 : Principales causes de dysfonctionnement des pompes en exploitation

### III.2.6. La lubrification

Tout organe mécanique en rotation (roulement à billes, à rouleaux, coussinet lisse...), nécessite pour son bon fonctionnement, une lubrification adaptée.

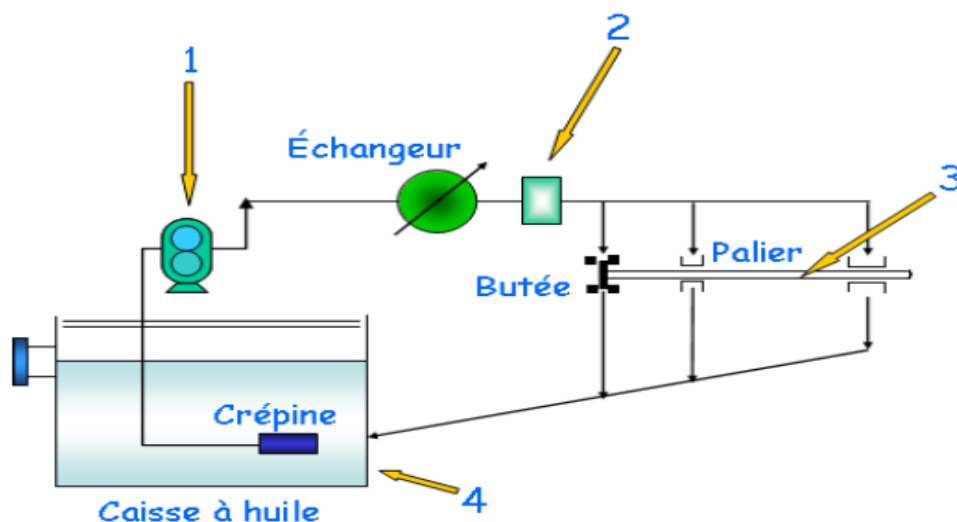
Dans le cas contraire, il y a échauffement, usure excessive, grippage et même blocage.

La lubrification à l'huile est la plus courante sur les pompes "procédé".

La pompe de lubrification peut être indépendante ou attelée à la machine. (Figure 17)

Dans ce cas, un système complémentaire permet d'établir la circulation d'huile avant la mise en route de la machine jusqu'au moment où la pompe attelée prend le relais. (1)

L'huile est filtrée, généralement réfrigérée, soit dans la caisse à huile, soit par échangeur sur la ligne de refoulement. (2)



**Figure 17: Système de lubrification**

La circulation forcée (roulements et paliers lisses). Une pompe de reprise à engrenages, puise l'huile dans une réserve d'huile et la distribue aux différents points de graissage (butée, palier...) (3)

Le système de circulation d'huile sous pression peut être muni de sécurités (température, pression...) qui empêchent le démarrage ou provoquent l'arrêt de la machine par défaut de lubrification.

La réserve peut être contenue soit dans un des paliers de la machine soit dans une caisse à huile. (4)

Un des intérêts de la circulation forcée est la bonne évacuation de la chaleur se trouvant dans les paliers provenant soit des frottements liés au palier (cas des paliers

lisses et des butées lisses) soit du transfert de la chaleur du liquide pompé à une température élevée.

## IV. Classification des pompes centrifuges

### IV.1. Théorie de base des pompes centrifuges

#### IV.1.1. Notion de hauteur et de charge d'un liquide

##### IV.1.1.1. Différence de pression en hauteur de liquide

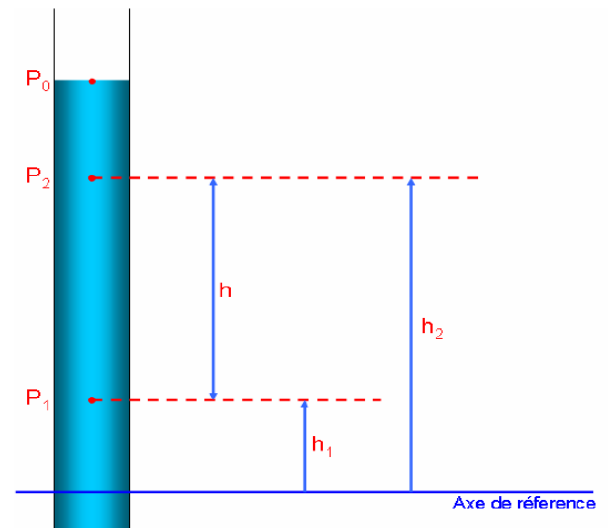
$$(P_2 - P_1) / \rho \cdot g = h \text{ (hauteur en m)}$$

$P_1, P_2$  = Pressions relatives en Pascal

$\rho$  = masse volumique (en  $\text{kg/m}^3$ ).

$g$  = attraction de la pesanteur = 9.81 (en  $\text{m/s}^2$  ou  $\text{N/kg}$ ).

$h$  = hauteur du point considéré par rapport à un axe de référence (en m).



**Figure 18: Différence de pression hauteur de liquide**

**Note :** La règle de conversion découle de la loi de Pascal :  $P + \rho g h = \text{constante}$ .

La différence de 2 pressions relative est une pression absolue

$P \text{ (bar)} = P \cdot 105 \text{ (pascal)}$  et  $P_{\text{relative (lue Mano)}} = P_{\text{absolue}} - P_{\text{atmosphérique}}$

$P_{\text{atmosphérique}} = 1 \text{ atmosphère} = 101325 \text{ Pa}$  (arrondi à 1 bar)

$P_1 + \rho \cdot g \cdot h_1 = P_2 + \rho \cdot g \cdot h_2$

$\Rightarrow P_2 - P_1 = \rho \cdot g (h_2 - h_1) = \rho \cdot g h$

$\Rightarrow h = (P_1 - P_2) / \rho \cdot g$  [5]

#### a)- La charge d'un liquide .

La charge  $ht_1$  d'un liquide, en un point donné d'un réseau correspond à l'énergie que le liquide dispose en ce point ; cette énergie se présente sous 3 formes :

- L'énergie de pression
- L'énergie cinétique (correspond au débit)
- L'énergie potentielle de pesanteur.

Ce liquide pourra augmenter sa charge, si on lui fourni de l'énergie par une pompe ou perdre une partie de son énergie lorsqu'il s'écoule avec frottement (voir perte de charge)

La charge s'exprime en mCL (m de colonne de liquide), c'est simplement égal à l'énergie divisée par le terme  $\rho \cdot g$  ( $\rho$  = masse volumique et  $g$  = accélération de la pesanteur)

**ht = somme des énergies en un point exprimée en mCL**

Cette utilisation de l'énergie est très utile car un des principes de physique spécifie qu'il y a toujours conservation d'énergie, donc si l'une des 3 constituantes de l'énergie est réduite, une autre se trouvera augmentée. (Figure 19)

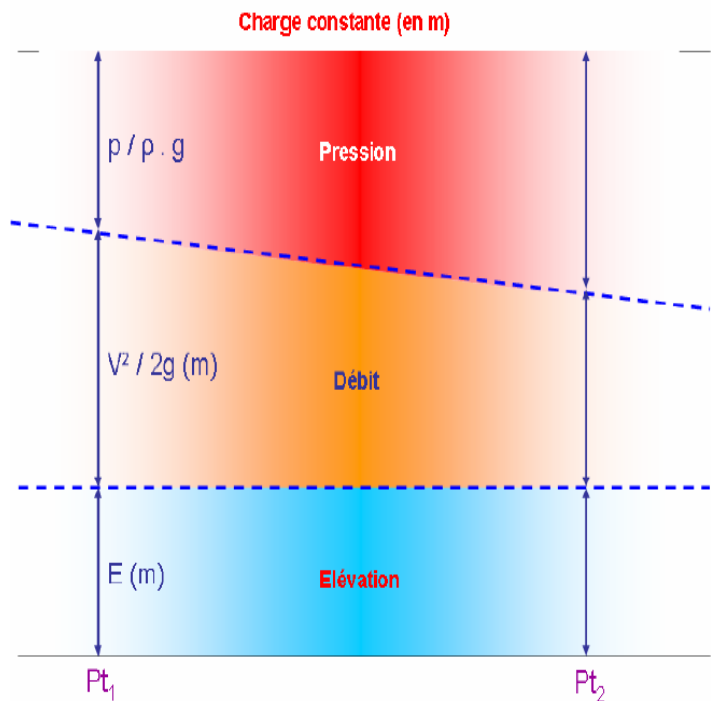
Mathématiquement cette ht s'exprime avec la formule

$$ht (m) = p / \rho \cdot g + v^2 / 2g + z$$

$p$  : pression absolue du liquide en Pa

$v$  : vitesse de liquide en m/s

$z$  : côte en m par rapport au point de référence



**Figure 19: La charge entre deux points reste constante**

Par exemple si on considère un conduit horizontal, pour lequel l'énergie potentielle reste constante, si entre les points 1 et 2 la vitesse diminue (énergie cinétique), obligatoirement la pression au point 2 sera supérieure à celle au point 1.

**La charge :** augmentation par pompage et réduction par frottement

**L'utilisation d'une pompe :** L'augmentation de la charge.

Nous avons vu qu'en un point pt 1 un liquide avait une énergie faite de 3 constituants, si on veut à un autre point pt 2 du réseau avoir par exemple une pression supérieure tout en gardant les 2 autres énergies constantes (par exemple débit constant sur une ligne horizontale), il faudra entre ces 2 points apporter de l'énergie ... c'est ce qui sera fait par une pompe.

Cette énergie nécessaire à apporter au fluide pour amener sa charge de la valeur  $ht_1$  à la valeur  $ht_2$  est  $H$  (exprimée aussi en mCL) on peut donc écrire :

$$ht_1 + H = ht_2$$

#### b)- Les frottements lors de l'écoulement : pertes de charges d'un liquide.

La perte de charge d'un fluide qui s'écoule dans une conduite entre 2 points  $pt_1$  et  $pt_2$ , représente l'énergie perdue à cause des frottements (sur les parois et entre les particules du produit).

Cette énergie perdue, s'exprime (comme les autres énergies) en mCL et est généralement représentée par la lettre  $J$ . (Figure 20)

Comme entre 2 points l'énergie totale doit se conserver, si entre les pts 1 et 2 il y a une Perte de charge par frottement de  $J$  exprimée en mCL on peut écrire :

$$ht_1 - J = ht_2$$

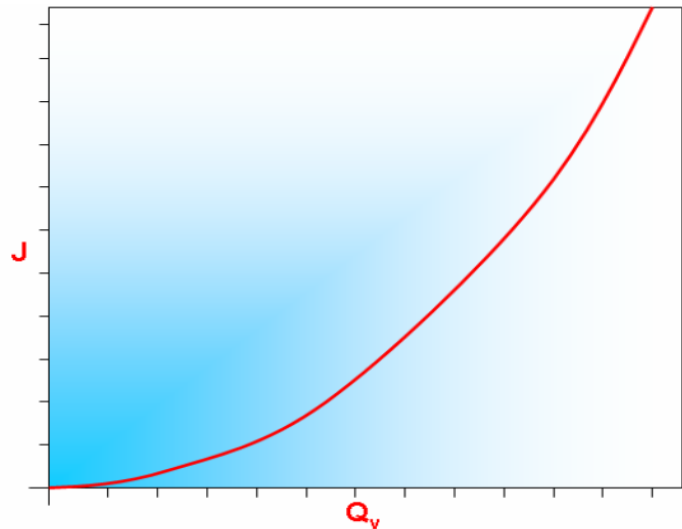


Figure 20: Perte de charge en fonction du débit volumique

Les pertes de charges peuvent donc être définies dans n'importe quelle portion d'un réseau, et en particulier :

- Dans la partie aspiration (entre le point d'aspiration et l'entrée de la pompe)
- Dans la partie refoulement (entre le refoulement de la pompe et le point de rejet) de l'état de la surface interne du tuyau (plus c'est rugueux plus le fluide va perdre de l'énergie), on appelle ces pertes de charges les pertes de charges linéaires, tous les divers éléments du conduit (coude / vanne / clapet /) provoquent aussi des pertes de, charges, on parle de pertes charges singulières.

On démontre que les pertes de charge entre 2 points sont proportionnelles au carré du débit et est représentée par la courbe  $J = f(Q_v^2)$ .

#### IV.1.2. L'utilisation d'une pompe dans un réseau avec perte de charge

##### IV.1.2.1. Caractéristique du réseau

On a vu que la charge d'un liquide en un point correspondait à son énergie en ce point, et qu'entre 2 points  $pt_1$  et  $pt_2$  on pouvait avoir des pertes de charges par

frottement et une augmentation de la charge par une pompe, donc pour un réseau ayant des pertes de charges et une pompe on peut écrire :

$$ht_1 + H - J = ht_2$$

H étant la charge (l'énergie) à fournir au liquide pour l'amener du point pt 1 (avec condition de départ) au pt 2 (pour avoir les conditions requises au point de distribution) lorsque entre ces 2 points il y a une perte de charge égale à J. H est donc l'énergie à apporter pour vaincre la différence de niveau, de pression entre les ballons, et les pertes de charge. (Figure 21)

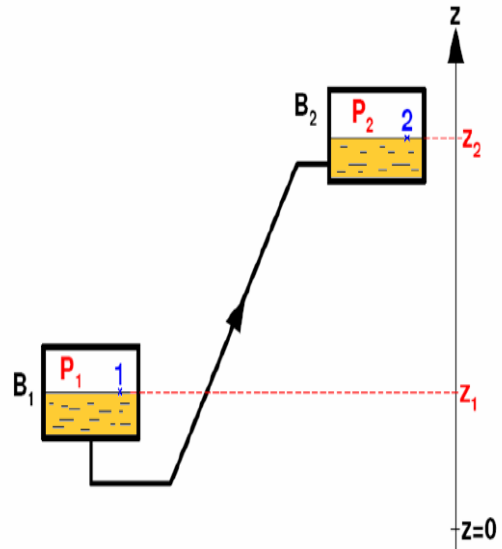


Figure21: Exemple d'un calcul de la différence de charge

La charge à fournir  $H = (ht_2 - ht_1) + J = h_G + J$

$H = h_G + J$  : c'est l'énergie exprimée en mCL à apporter au liquide pour aller du pt 1 au pt 2

Le terme  $h_G$  est appelé hauteur géométrique du réseau, c'est rappelons-le, la différence de charge entre 2 points, donc pas obligatoirement la différence de cotes :  
Si  $P_1 = P_2$  on a  $h_G = Z_2 - Z_1$

Si  $P_1$  différent de  $P_2$  on a :  $h_G = (Z_2 - Z_1) + (P_2 - P_1) / \rho g$

On voit donc qu'effectivement l'énergie à fournir va servir d'une part à augmenter le charge de  $ht_1$  à  $ht_2$  et aussi à compenser les pertes de charges  $J = f(Qv^2)$

Considérons le réseau suivant:

La pression qui règne dans le bac 1 est  $P_1 = 3,6$  bar, et celle qui règne dans le bac 2 est  $P_2 = 1,4$  bar. La distance entre les niveaux de liquide dans les deux bacs est de 12 m. On prend comme origine des altitudes le niveau d'eau dans le bac 1.

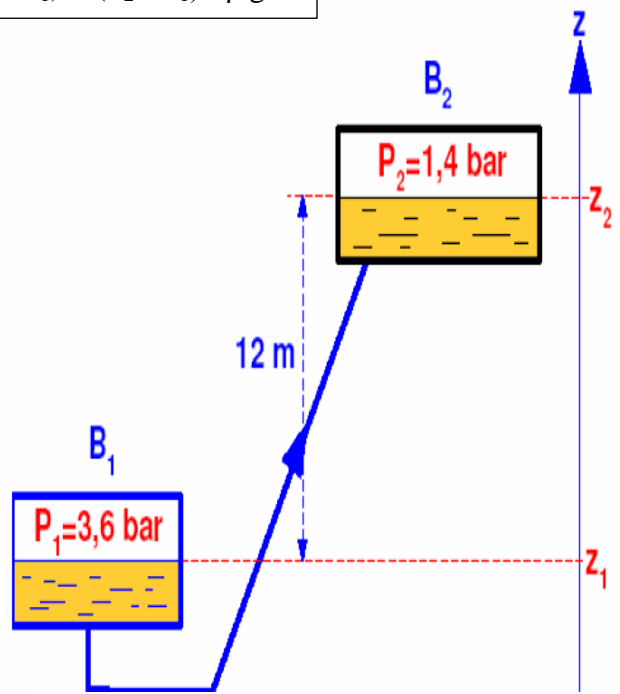


Figure 22: Exemple d'un calcul de la différence de charge

(Figure 22) [7]



On aura ainsi :

$$z_1 = 0 \text{ m} - z_2 = 12 \text{ m}$$

De plus, on considérera que les bacs fonctionnent à niveau constant:  $u_1 = u_2 = 0$

On aura alors :

$$\begin{aligned} h_G &= (P_2 / \rho \cdot g + z_2) - (P_1 / \rho \cdot g + z_1) \\ &= (3,6 \cdot 105 / 1000 \cdot 9,81 + 12) - (1,4 \cdot 105 / 1000 \cdot 9,81 + 0) = 34,4 \text{ m} \end{aligned}$$

Pour un réseau donné et pour des conditions connues/voulues on peut donc tracer la courbe  $H = h_G + a Q_v^2$  en fonction du débit.

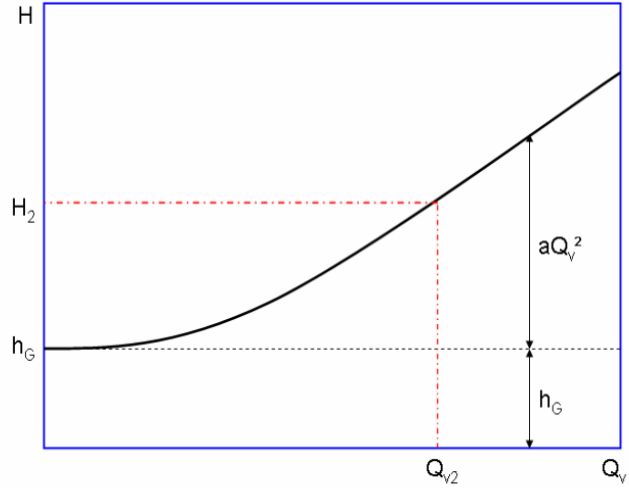


Figure 23: Courbe d'un réseau

$h_G$  représente en fait l'énergie que la pompe devra fournir (exprimée en mCl) pour un débit nul, si on veut que la pompe délivre au pt 2 un débit  $Q_v^2$  il faudra que la pompe fournisse l'énergie  $H_2$  La courbe du réseau est donc l'expression en mCL de l'énergie qui devra être fournie au système pour amener le liquide donné, de son point de départ ( $P_1, Z_1$ ) au point de destination ( $P_2, Z_2$ ) en fonction du débit  $Q_v$  ( $Q_v$  n'intervenant que dans l'évolution des pertes de charge)

La sélection d'une pompe consiste donc à trouver la pompe qui fournira l'énergie demandée pour assurer le débit voulu dans ce réseau, donc fournir l'énergie nécessaire pour répondre :

- au besoin de la hauteur statique (qui dépend uniquement des hauteurs et des pressions des points de départ et d'arrivée (de  $P_1$  à  $P_2$  et de  $Z_1$  à  $Z_2$ ))
- au besoin des pertes de charges (hauteur dynamique)

Si l'énergie de cette pompe est représentée elle aussi en mCl en fonction du débit  $Q_v$ , le point d'intersection de cette pompe (capacité) et de la courbe du réseau (besoin) sera donc le point de fonctionnement de l'ensemble réseau / pompe.

On ne peut choisir une pompe que si la courbe du réseau a été correctement établie (ou du moins bien estimée). [2]

**V- Incidents possibles sur les pompes centrifuges**

Les performances de la pompe sont affectées par toutes variations sur le paramètre de température, pression d’aspiration, vitesse de la machine d’entraînement, débit

Ces facteurs ainsi que les problèmes internes doivent être pris en compte lors de l’analyse des performances.

Le tableau ci-dessous est un guide pour analyser les performances en cas de problème. [3]

CLASSIFICATION DES PANNES		
Anomalies	CAUSSE POSSIBLE	ACTION CORRECTIVES
<p><b>ACCROISSEMENT SOUDAIN DE LA FUITE au GARNITURE mécanique</b></p>	<p>Usure irrégulière du grain tournant</p>	<p>Roder légèrement les surfaces de la chemise d’arbre et du moyeu de l’impulseur.</p>
	<p>Jeu radial excessif de l’arbre grand vitesse</p>	<p>Vérifier les paliers &amp; l’arbre grand vitesse. remplacer si nécessaire.</p>
	<p>Joint secondaire endommagé</p>	<p>Vérifier la compatibilité chimique. Installer un flushing ou une garniture double.</p>
	<p>Attaque chimique des faces de frottement de la garniture ou des joints toriques.</p>	<p>Examiner les propriétés chimiques du fluide pompé et choisir des matériaux appropriés</p>
<p>Consommation importante d’huile au multiplicateur</p>	<p>Fuite à la garniture mécanique (60°C) du multiplicateur</p>	<p>Vérifier la fuite éventuelle à la porte n°1</p>

	Fuite au joint à lèvres sur l'arbre d'entrée(115)	Vérifier au niveau joint. Remplacer le joint d'arbre.
	Fuite au travers de l'échangeur thermique	Tester sous pression l'échangeur.
Température multiplicateur trop élevée	Echangeur déficient ou pas d'alimentation en eau	Vérifier débit d'eau de refroidissent et nettoyer l'échangeur
	Niveau d'huile trop haut	Vérifier le niveau et ajuster
Frottement de la chemise d'arbre sur grain	Défaillance des paliers d'arbre	Remplacer ou réparer le multiplicateur
Variation de pression excessive au refoulement	Débit trop faible	Augmenter le débit de la pompe.  Le cas échéant, monter une canalisation de retour au ballon d'alimentation.
	NPSH disponible insuffisant.	
	Vanne de régulation défectueuse	Contrôle cette vanne
	Débit trop faible pour être régulé efficacement par la vanne de régulation de la pression de refoulement, ou fonctionnement en parallèle	Augmenter les pertes de charge entre le refoulement de la pompe et la vanne de refoulement  Augmenter le débit
Machine d'entraînement surchargée	Densité ou viscosité du liquide pompé supérieures à celles figurant sur la	Vérifier ces valeurs

	spécification	
	Défaillance mécanique du moteur ou de la pompe	Démonter la machine d'entraînement et contrôle la libre rotation de son arbre ainsi que le multiplicateur de la pompe.
		Démonter hydraulique et rechercher panne mécanique éventuelle.
		Démonter le voyant d'huile inspecter le fond du multiplicateur pour traces d'usure, si il n'y a pas d'élément métallique les paliers sont en état correct
Débit ou hauteur insuffisants	Débit trop élevée	Comparer les performances aux caractéristiques prévues.
	Débit trop faible entraînant l'échauffement du liquide. Ebullition, fonctionnement instable	Augmenter le débit
		By-passer une partie du débit du refoulement vers le réservoir d'aspiration.
		Utiliser le by-pass de la chambre de garniture pour augmenter le débit, évacuer par l'évent.
	Corrosion du diffuseur et du couvercle sur les surfaces	Nettoyer ces surfaces jusqu'à obtenir état correct

	adjacentes à l'impulseur.	Bec de volute doit être tranchant.  Si les dégâts sont important (détérioration de l'impulseur, ou contact de l'impulseur avec diffuseur)  Remplacer les parties détériorées.
--	---------------------------	---

**Tableau 04 : Défectuosités pouvant être constatées sur les pompes après fonctionnement**