

Le NPSH des pompes et des installations

NPSH est l'abréviation de l'expression anglaise «Net-Positive-Suction-Head», encore appelée «hauteur d'aspiration nette positive» ou «hauteur totale de pression de retenue». Le NPSH est rattaché au phénomène de cavitation. De même que la hauteur d'élévation, le débit et la puissance absorbée, il représente pour une pompe une des données les plus importantes. On distingue le NPSH de l'installation (NPSH_A OU NPSH_{disponible}) et le NPSH de la pompe (NPSH_p ou NPSH_{nécessaire}). En comparant simplement les deux valeurs NPSH_{disp.} et NPSH_{nécess.}, il est possible de déterminer si la pompe choisie pour l'installation concernée est adaptée ou non. Pour que la pompe fonctionne sans caviter on doit avoir:

$$\text{NPSH}_{\text{disp.}} > \text{NPSH}_{\text{nécess.}} \quad (1)$$

Cette condition doit être remplie sur la totalité du domaine de fonctionnement admissible de la pompe. C'est le cas lorsque le NPSH_{disp.} [m] est supérieur d'environ 0,5 m au NPSH_{nécess.} [m].

Exemple:

Le NPSH_{disp.} de l'installation est de 3 m. La pompe déterminée en fonction du débit et de la hauteur d'élévation a un NPSH_{nécess.} de 4 m. Suivant la formule (1), la pompe ne peut pas fonctionner.

Si la condition (1) n'est pas remplie, c'est-à-dire si le NPSH_{disp.} est inférieur au NPSH_{nécess.}, la pompe fonctionne en cavitation. Le liquide vaporise à l'intérieur de la pompe, ce qui aura pour conséquence:

- a) une chute du débit et de la pression,
- b) l'apparition de bruits importants et de claquements qui entraîneront une corrosion de la roue et éventuellement sa destruction.

Il s'en suit en outre pour une pompe HERMETIC:

- c) une chute du courant partiel qui traverse le moteur et donc une mauvaise lubrification des paliers,
- d) un manque d'évacuation des calories dégagées par le moteur, ainsi qu'une perturbation de l'équilibrage hydraulique axial.

Une cavitation persistante conduit inmanquablement à la destruction de la pompe HERMETIC.

Le NPSH de la pompe

Le $NPSH_{nécess.}$ dépend seulement des caractéristiques de la pompe et non de celles de l'installation. Il est variable pour chaque pompe en fonction du débit et de la vitesse de rotation. De plus il est toujours positif. $NPSH_{nécess.}$ est indépendant de la nature du fluide transféré. Les valeurs de NPSH mentionnées sur la courbe caractéristiques de chaque pompe résultent de mesures effectuées avec de l'eau froide. Ces valeurs ont été obtenues sur un banc d'essai spécialement conçu pour mesurer le NPSH et peuvent être vérifiées à tout moment. Le $NPSH_{nécess.}$ donne une indication sur la possibilité d'aspiration de la pompe en un point précis de la courbe.

La capacité d'aspiration de la pompe est d'autant plus grande que la valeur $NPSH_{nécess.}$ est faible.

Grâce à une construction adaptée, on peut obtenir de faibles valeurs de NPSH. Ces valeurs jouent un rôle très important, notamment dans le cas de transfert de liquides proches du point d'ébullition (gaz liquéfiés).

Le NPSH de l'installation

$NPSH_{disp.}$ équivaut à la réserve totale de pression au-dessus de la tension de vapeur du produit qui est disponible à la bride d'aspiration de la pompe. Cette notion résume en un terme toutes les données de l'installation qui ont une influence sur la hauteur d'aspiration de la pompe. Il suffit au constructeur de la pompe de connaître la valeur $NPSH_{disp.}$ pour pouvoir garantir un fonctionnement irréprochable de l'installation de pompage.

Les différentes données contenues dans la formule $NPSH_{disp.}$ sont:

- **la hauteur géodésique d'aspiration e_s [m]**
C'est la distance verticale comprise entre le niveau du liquide et l'axe de la pompe. *)
- **la hauteur géodésique de charge e_z [m]**
C'est la distance verticale entre le niveau du liquide contenu dans le réservoir en charge et l'axe de la pompe.
- **la tension de vapeur p_t [bar abs.] du liquide à pomper**
La tension de vapeur d'un liquide à une température donnée équivaut à la pression au-dessus de laquelle le liquide commence à bouillir, si cette pression s'exerce sur la surface du liquide. (Exemple: L'eau bout à une température de 20 °C dans un vide de 0,023 bar abs.)
- **la pression gazeuse p' [bar abs.] s'exerçant sur la surface du liquide à l'aspiration**
La connaissance de cette pression est particulièrement importante. Si le réservoir d'aspiration ou de charge est à l'atmosphère, la pression gazeuse équivaut à la pression atmosphérique ($p' = 1$ bar abs.). Dans les installations chimiques, la plupart des réservoirs sont fermés. La pression existante est différente de la pression atmosphérique (installation sous vide ou sous pression). Si le liquide à pomper est en état d'ébullition, la pression régnant au-dessus du niveau du liquide équivaut à la tension de vapeur (p_t).
- **poids spécifique ρ [kg/m³] du liquide à pomper**
- **Accélération de la chute $g = 9,81$ m/s²**
- **perte de charge Z [m] dans la conduite d'aspiration**
C'est la perte de pression résultant du frottement dans les conduites et vannes. On utilise couramment des valeurs estimées. On n'effectue le calcul de perte de charge des tuyauteries et des différents obstacles que dans les cas critiques. Il faut tenir compte dans le calcul du débit maximal possible.

*) Le fonctionnement avec une hauteur d'aspiration n'est possible que lorsque la pompe est auto-amorçante. Dans le cas d'utilisation de pompes non auto-amorçantes, on veillera à monter un dispositif, par exemple un clapet de pied, de façon à ce que la conduite d'aspiration et la pompe restent remplies de liquide.

Ces différentes données permettent de calculer la valeur $NPSH_{disp.}$ suivant la formule suivante.

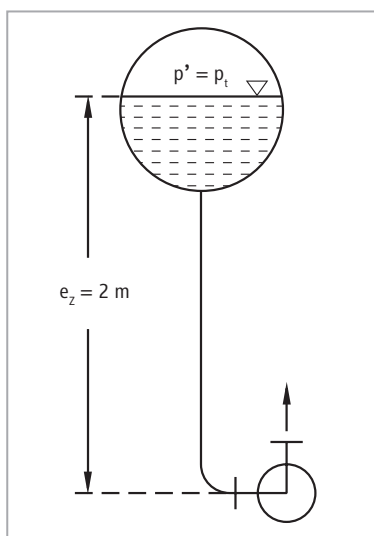
Cas de fonctionnement en charge

$$NPSH_{disp.} = 10^5 \frac{(p' - p_t)}{\rho \cdot g} + e_z - Z$$

(2)

Cas de fonctionnement en aspiration

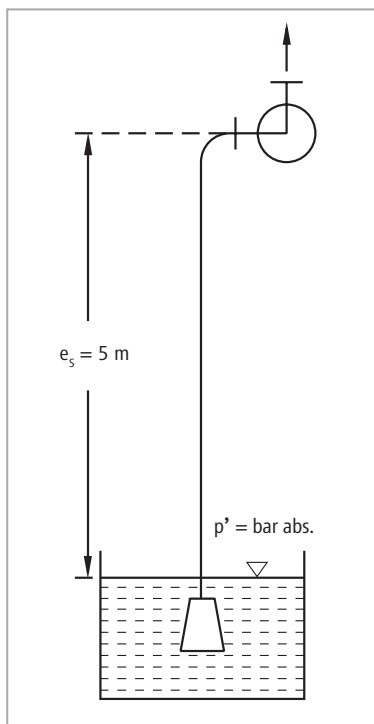
$$NPSH_{disp.} = 10^5 \frac{(p' - p_t)}{\rho \cdot g} - e_s - Z$$



1er exemple

Soit à transférer de l'ammoniac liquide à une température de 5 °C contenu dans un réservoir fermé. L'ammoniac est en état d'ébullition, si bien que la pression gazeuse régnant dans le réservoir équivaut à la tension de vapeur du liquide ($p' = p_t$). Par conséquent, l'expression entre parenthèses suivant la formule (2) n'apporte pas de contribution. Si la hauteur de charge e_z est de 2 m et la perte de charge (Z) dans la tuyauterie d'aspiration de 0,5 m, on aura suivant la formule (2) (cas de fonctionnement en charge): $NPSH_{disp.} = e_z - Z = 2,0 - 0,5 = 1,5$ m

Pour remplir la condition (1) et en fonction du NPSH de l'installation, le $NPSH_{nécess.}$ de la pompe devra être inférieur ou égal à 1 m (avec un coefficient de sécurité de 0,5 m).



2ème exemple

Soit à transférer de l'octane liquide à 20 °C contenu dans un réservoir à pression atmosphérique. La hauteur géodésique d'aspiration e_s est de 5 m et la pression atmosphérique (p') s'exerçant sur la surface du liquide est de 1 bar abs. A 20 °C le poids spécifique (ρ) de l'octane est de 700 kg/m³ et sa tension de vapeur (p_t) est de 0,013 bar abs. La perte de charge (Z) dans la tuyauterie est estimée à 1 m. Ces données nous permettent suivant la formule (2) cas de fonctionnement en charge, de déterminer le $NPSH_{disp.}$ disponible:

$$NPSH_{disp.} = 10^5 \frac{(1,0 - 0,013)}{700 \cdot 9,81} - 5,0 - 1,0 = 8,4 \text{ m.}$$

On peut donc déterminer une pompe auto-amorçante ou non dont le $NPSH_{nécess.}$ sera inférieur ou égal à 7,9 m.

Transfert de liquides proches du point d'ébullition

La formule (2) permet de constater que la différence entre la pression gazeuse (p') régnant dans le réservoir et la tension de vapeur (p_v) du liquide a une incidence déterminante sur la valeur du $NPSH_{disp.}$. Les conditions d'installation critiques ou de cavitation surviennent toujours lorsque $p' \sim p_v$. En principe, dans ce cas, seul un fonctionnement en charge est possible. La valeur de $NPSH_{disp.}$ équivaut environ à la différence entre la hauteur de charge existante et la perte de charge de la conduite d'aspiration. Si la hauteur de charge n'est pas suffisante, on a la possibilité dans bien des cas d'augmenter la pression (p') (bouteille d'azote) afin d'augmenter la valeur $NPSH_{disp.}$ et remplir ainsi la condition $NPSH_{disp.} > NPSH_{nécess.}$.

Il est fréquent que l'augmentation de pression (p') ne soit pas possible, par exemple dans le cas de liquides qui pour des raisons de réfrigération doivent demeurer à température constante (ammoniac, azote liquide). On s'efforcera dans ce cas de diminuer au maximum la perte de charge (Z) en surdimensionnant la tuyauterie, et en augmentant au maximum la hauteur de charge (e_z).

Il est conseillé d'être particulièrement prévoyant dans le cas de gaz liquéfiés dont la température varie fortement, et de s'assurer les conseils du constructeur de la pompe.