

Chapitre 3: Les Turbopompes et notions sur la cavitation

3.1 Classification, installation et caractéristiques

Les turbopompes sont des turbomachines hydrauliques assurant la transmission de l'énergie mécanique reçue d'une source extérieure (moteur électrique) au liquide pour l'élever à un niveau supérieur ou le refouler vers une région de plus haute pression. Cette transformation de l'énergie du fluide doit se faire le plus fidèlement possible, c'est-à-dire, en minimisant à l'extrême les pertes énergétiques de quelque nature que ce soit.

Les turbopompes sont des turbomachines motrices à fluide incompressible, dont la rotation de la roue (rotor), produit un régime de pressions et de vitesse qui détermine la circulation d'un liquide dans un circuit et où le transfert d'énergie s'effectue de la roue vers le fluide.

La théorie générale pour l'étude des turbopompes (turbomachine à fluide incompressible) a été établie dans les chapitres 1 et 2.

Selon le trajet du fluide, on distingue trois types de turbopompes/

- La turbopompe centrifuge monocellulaire (une seule roue) pour pression de refoulement moyenne et débit modéré Multicellulaire (deux ou plus de roues) pour pression de refoulement un peu plus élevée.
- La turbopompe hélico-centrifuge monocellulaire ou multicellulaires pour un débit moyen.
- La turbopompe axiale (turbopompe hélice) pour débits les plus élevés et pressions de refoulement faibles.

Caractéristiques

Débit mesuré à la sortie de la roue (ou débit tout simplement) : q_v

Débit réel traversant la roue ou interne : q_i est le débit disponible à l'intérieur de la pompe, c'est-à-dire le débit qu'assurerait une pompe parfaitement étanche intérieurement et extérieurement pour la hauteur théorique d'élévation, si q_{fuites} est le débit de fuite alors

$$q_i = q + q_{fuites}$$

Hauteur d'élévation théorique : H_{th} est la hauteur théorique ou la pression exprimée en mètre de fluide si l'écoulement était parfait.

Le rendement hydraulique est le rapport de la hauteur réelle H à la hauteur théorique H_{th} .

$$\eta_h = \frac{H}{H_{th}}$$

Le rendement volumétrique est le rapport entre le débit volumique q et le débit interne q_i

$$\eta_v = \frac{q}{q_i}$$

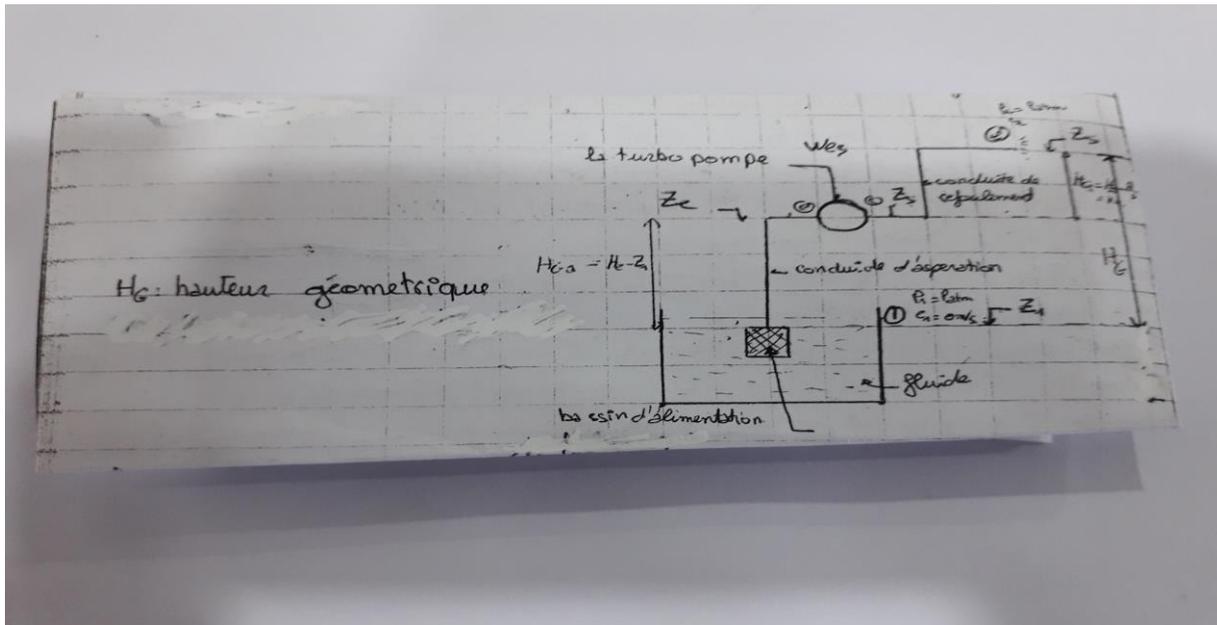
Le rendement global est donné par

$$\eta_g = \eta_h \eta_v \eta_m$$

η_m étant le rendement mécanique égale au rapport de la hauteur effective et la hauteur réelle.

Installation

Le schéma générale de l'installation d'une turbopompe en fonctionnement est donné par:



Pour déterminer la puissance de la turbopompe, on doit déterminer le travail absorbé en utilisant l'équation de l'énergie en présence d'une machine.

Pour une installation parfaite d'une part et en tenant compte des pertes de charges d'autre part. On trouve le travail théorique ou réel reçu par le fluide par la turbopompe et par suite la hauteur théorique ou réelle dont la turbopompe est capable de fournir. On choisit une turbopompe en fonction de la hauteur réelle appelé aussi hauteur utile recherché qui est une caractéristique indiqués sur le catalogue du constructeur ou sur la turbopompe elle même.

Une turbopompe parfaitement construite peut mal fonctionner si l'installation est défectueuse (le constructeur n'est pas responsable des pertes de charges, c'est à l'utilisateur d'installer convenablement les conduites d'aspiration et de refoulement).

Enfin pour choisir le moteur électrique à installer on doit choisir une puissance plus élevée car la turbopompe n'est pas parfaite.

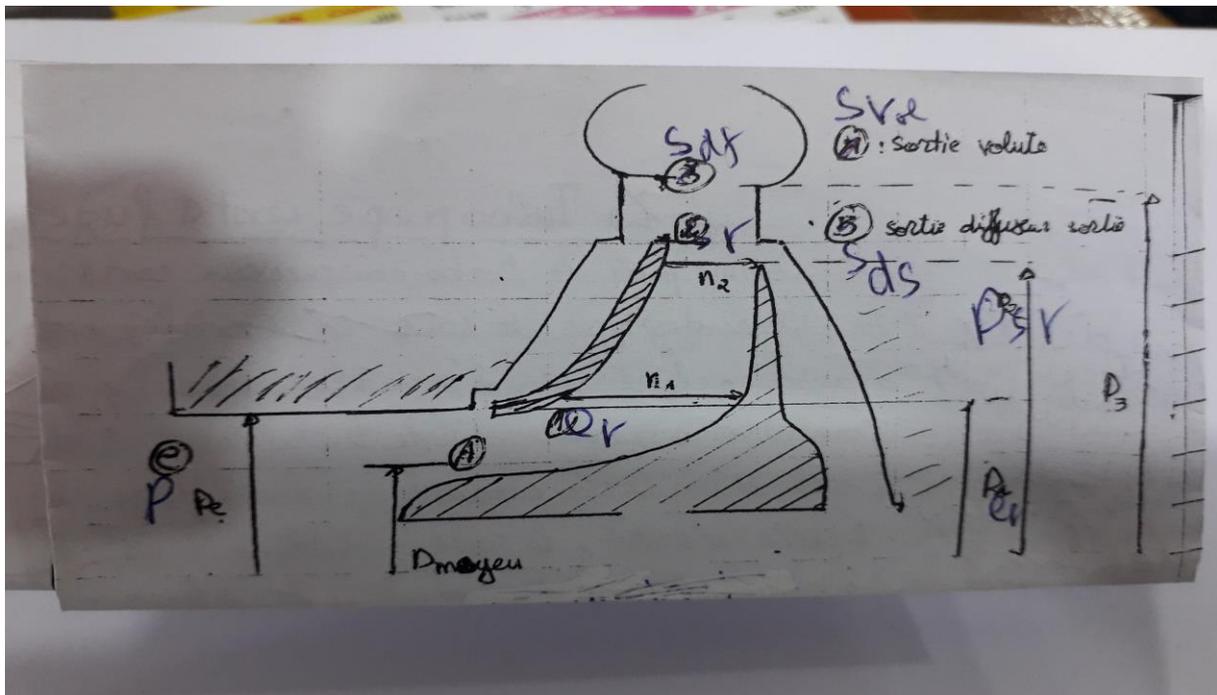
3.2 Les turbopompes centrifuges

Sachant que dans le cas d'une turbopompe centrifuge, la roue à aubes est du type radiale et où on distingue quatre types de roues:

- à entrée axiale et entrée radiale pour lesquelles l'angle vitesse absolue, vitesse d'entraînement est égal à 90° à l'entrée
- à sortie radiale pour laquelle l'angle vitesse relative, vitesse d'entraînement est égal à 90° à la sortie
- à aubes inclinés vers l'arrière pour laquelle l'angle vitesse relative, vitesse d'entraînement est supérieure à 90° à la sortie
- à aubes inclinés vers l'arrière pour laquelle l'angle vitesse relative, vitesse d'entraînement est inférieure à 90° à la sortie

Une turbopompe centrifuge dans sa version la plus complète est constituée successivement par les éléments suivants:

- Une Ouïe d'entrée (diffuseur d'entrée)
- Une roue radiale à aubes tournant autour de son axe
- Un distributeur fixe (diffuseur fixe) lisse ou à aubes
- Un collecteur de section croissante, en forme de spirale logarithmique appelé volute
- Un diffuseur de sortie.



Ce sont les pompes les plus utilisées dans le domaine industriel à cause de la large gamme d'utilisation qu'elles peuvent couvrir, de leur simplicité et de leur faible coût. Néanmoins, il

existe des applications pour lesquelles elles ne conviennent pas et où on utilise les pompes volumétriques.

Pour faire l'étude énergétique, on doit suivre une particule fluide et déterminer les paramètres physiques notamment la pression et la vitesse depuis l'entrée jusqu'à la sortie de la turbopompe.

Pour cela on utilise l'équation de continuité l'équation de l'énergie le diagramme des vitesses et l'équation de Euler en vue de déterminer les caractéristiques pour pouvoir choisir le moteur électrique entraînant la turbomachine.

Remarques:

- Le fluide ne commence à recevoir du travail que lorsqu'il aborde les aubes
- le nombre d'aubes est calculé en utilisant l'expression suivante:

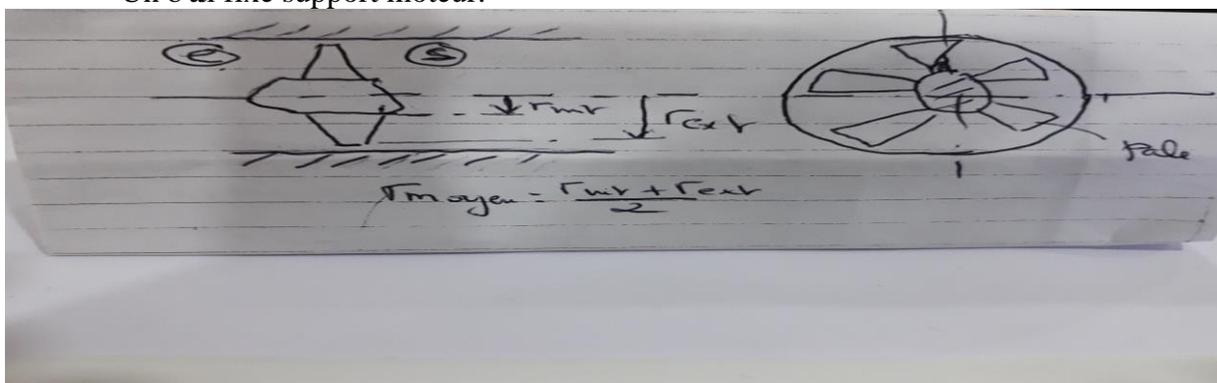
$$n_{aubes} = 10 \pi D_{sortie\ roue}$$
 un nombre d'aubes élevé augmente les pertes.
- le débit à l'entrée de la turbopompe est donné par: $q = S_{ep} \cdot C_{ep}$ avec $C_{ep}=1$ à 3 m/s. A l'entrée de la turbopompe la section est généralement circulaire.
- Au point A qui constitue l'entrée de la roue (ne pas confondre avec le point où commence le transfert d'énergie lorsque le fluide aborde l'aube), le débit est $q_i = S_A \cdot C_A$ avec $C_A=2$ à 4 m/s. A l'entrée de la roue la section est généralement annulaire.

3.2 La turbopompe axiale (Turbopompe Hélice)

Dans la gamme des turbopompes, les pompes hélices constituent la forme la plus simple pouvant fournir un débit q et une pression p ; de ce fait et grâce à la régularité de sa section d'écoulement, une pompe hélice est caractérisée par un débit important avec une pression faible ce qui la rend particulièrement adaptée à l'irrigation.

Sachant que dans le cas d'une turbopompe axiale, la roue à aubes est du type axiale et comporte les éléments suivants:

- Une roue munie de pales du type axiale
- Un bâti fixe support moteur.



Comme pour la turbopompe centrifuge on fait l'étude énergétique qui se résume à l'étude de la roue axiale.

3.2 La cavitation

La cavitation est un phénomène qui consiste en l'apparition de bulles de vapeur dans l'écoulement du liquide à l'intérieure de la turbopompe et plus spécialement à l'entrée des aubes. Dans les zones de pressions fortes diminution de section, il se produit des implosions qui créent des surpressions locales très élevées (jusqu'à des centaines de bars) et qui peuvent entraîner de graves conséquences (érosion, bruits, vibrations, chute des performances).

Pour éviter le risque de cavitation:

- préférer les montages en charge
- éviter de transporter les liquides trop chauds
- éviter une alimentation à partir d'une faible pression
- réduire les pertes de charge à l'aspiration.

Sinon il faut trouver une turbopompe où les valeurs du N.P.S.H requis soient suffisamment faibles. La hauteur d'aspiration possible ou valeur du NPSH (sigle de l'abréviation Net Positive Suction Head over vapour pressure), c'est une caractéristique, fournit par le constructeur noté: $NPSH_{requis}$ qui doit être inférieure à $NPSH_{disponible} = p_A - p^0$ (différence entre la pression totale à l'entrée de la turbopompe et la pression de vapeur saturante. Les conditions d'aspiration sont d'autant meilleures que la différence est grande.