

CHAPITRE 4

COUPLAGE DES POMPES EN SERIE ET EN PARALLELE

4.1 Point de fonctionnement d'une pompe centrifuge en service sur un réseau de canalisations donné

4.1.1 Hauteur manométrique d'élévation

Soit une pompe qui élève l'eau entre deux plans situés aux altitudes Z_0 et Z_2 (Fig. 14).

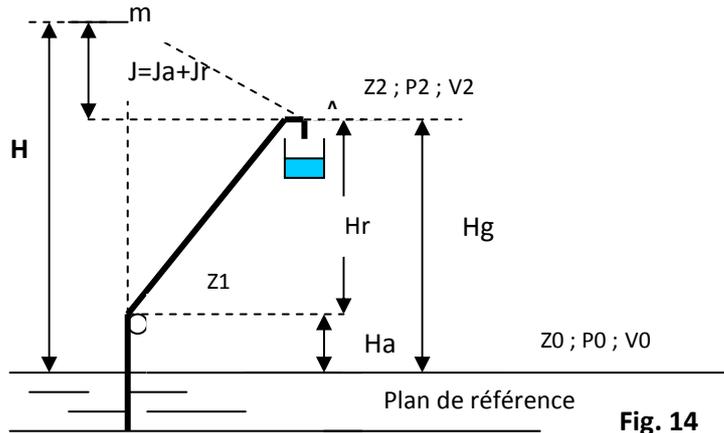


Fig. 14

Valeur de l'énergie à communiquer à l'eau :

$$H = (Z_2 - Z_0) + \frac{P_2 - P_0}{\gamma} + \frac{V_2^2 - V_0^2}{2g} + Ja + Jr,$$

Où $P_2 = P_0 = Patm.$; $V_0 = 0$; V_2 -négligeable ;

Ja - perte de charge à l'aspiration ;

Jr - perte de charge au refoulement ;

$(Z_2 - Z_0) = Hg$ - hauteur géométrique.

mA - ligne piézométrique de la conduite de refoulement

$$H = Hg + Ja + Jr \text{ - hauteur manométrique totale d'élévation}$$

1° Hauteur géométrique d'élévation : $Hg = Z_2 - Z_0$

C'est la distance entre le point le plus haut à atteindre et le plan de pompage. On peut encore l'écrire : $Hg = (Z_2 - Z_1) - (Z_0 - Z_1)$. Donc Hg se décompose en deux :

- Hauteur géométrique de refoulement $Hr = (Z_2 - Z_1)$, toujours positive. C'est la distance entre le point le plus haut à atteindre et l'axe horizontal de la pompe et, pour un groupe vertical, la distance entre le point le plus haut et le plan de la première roue.
- Hauteur géométrique d'aspiration $Ha = (Z_0 - Z_1)$, qui sera **négative pour une aspiration en dépression, et positive pour une aspiration en charge**. La Ha c'est la distance entre l'axe de la pompe et le plan de pompage pour un groupe horizontal et pour le groupe vertical, c'est la distance séparant le plan de la première roue et le plan de pompage.

On aura donc :

$$Hg = Hr + Ha, \text{ pour une aspiration en dépression}$$

$$Hg = Hr - Ha, \text{ pour une pompe en charge.}$$

2° Les pertes de charge totales :

$$J = Jr + Ja$$

On les calcule en fonction des données des conduites respectives, en utilisant les formules de calcul des conduites en charge.

1.1.2 Courbe caractéristique d'une canalisation de refoulement

Une courbe caractéristique d'une conduite représente la variation de pertes de charge à l'extrémité de cette conduite en fonction de débit : $J = f(Q)$.

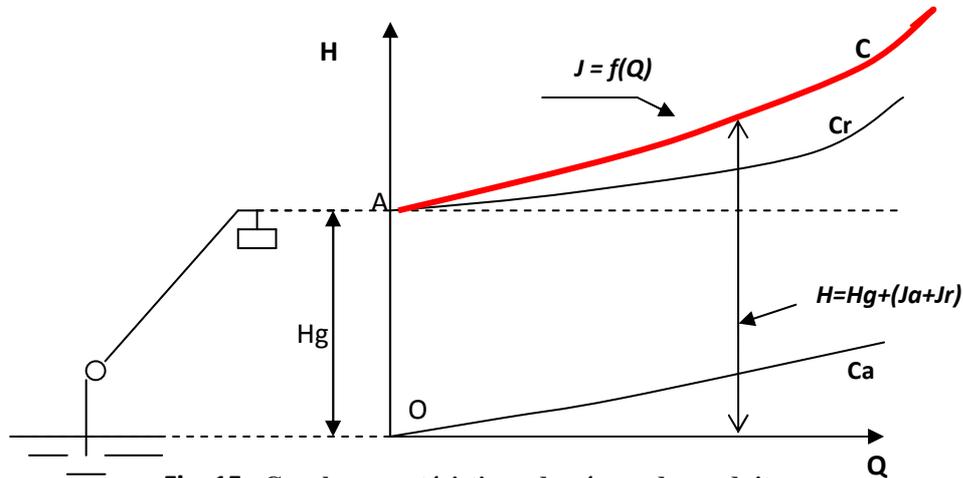


Fig. 15 Courbe caractéristique du réseau de conduites

- L'ordonnée à l'origine OA représente la hauteur géométrique d'élévation.
- ----- Ca – la caractéristique de la conduite d'aspiration ;
- ----- Cr – la caractéristique de la conduite de refoulement ;
- ----- C = Ca + Cr – la caractéristique résultante de l'ensemble des conduites d'aspiration et de refoulement.
- L'ordonnée de la caractéristique résultante (C) en chaque point est la somme de Hg et des pertes de charge de refoulement et d'aspiration.

1.1.3 Point de fonctionnement d'une pompe débitant sur une conduite unique

La hauteur géométrique d'élévation ne varie pas en fonction de débit

Soient dans le système d'axe (Q,H) :

OA = Hg – hauteur géométrique d'élévation, supposée constante ;

C – la caractéristique de l'ensemble des conduites d'aspiration et de refoulement ;

H(Q) – la caractéristique de la pompe à la vitesse N donnée.

Définition La courbe caractéristique du réseau (C) coupe la caractéristique de la pompe H(Q) en point P qui est le point de fonctionnement de la pompe.

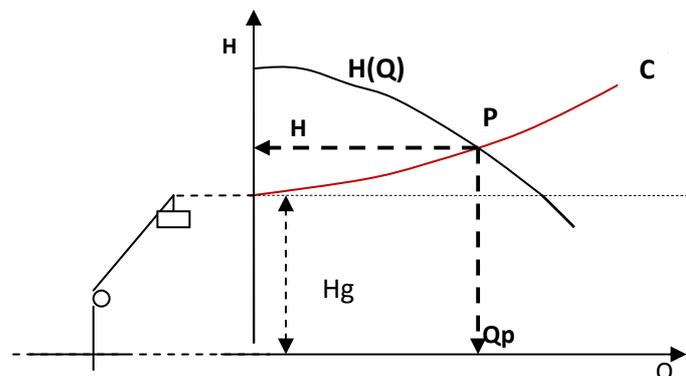


Fig. 16 Point de fonctionnement d'une pompe

1.2 Recherche de la réalisation du point de fonctionnement désiré

Il est rare que la caractéristique $H(Q)$ d'une pompe choisie passe par le point de fonctionnement désiré. Pour adopter la pompe aux conditions de fonctionnement désirées, il faut effectuer les modifications dans le fonctionnement ou dans le dimensionnement de la pompe. En vue d'obtenir le débit désiré, plusieurs solutions sont possibles.

4.2.1 Accepter la courbe $H(Q)$ telle quelle.

Point de fonctionnement P' (Fig. 17)

Le débit relevé q' est supérieur au débit désiré q .

Donc la durée du pompage sera déterminée par la formule suivante : $t_p = 24q/q'$, le débit est exprimé en m^3/h .

- Il faut vérifier qu'il n'y a pas marche en cavitation (voir Fig. 17).
- Le rendement donné par le point P' devra rester satisfaisant.

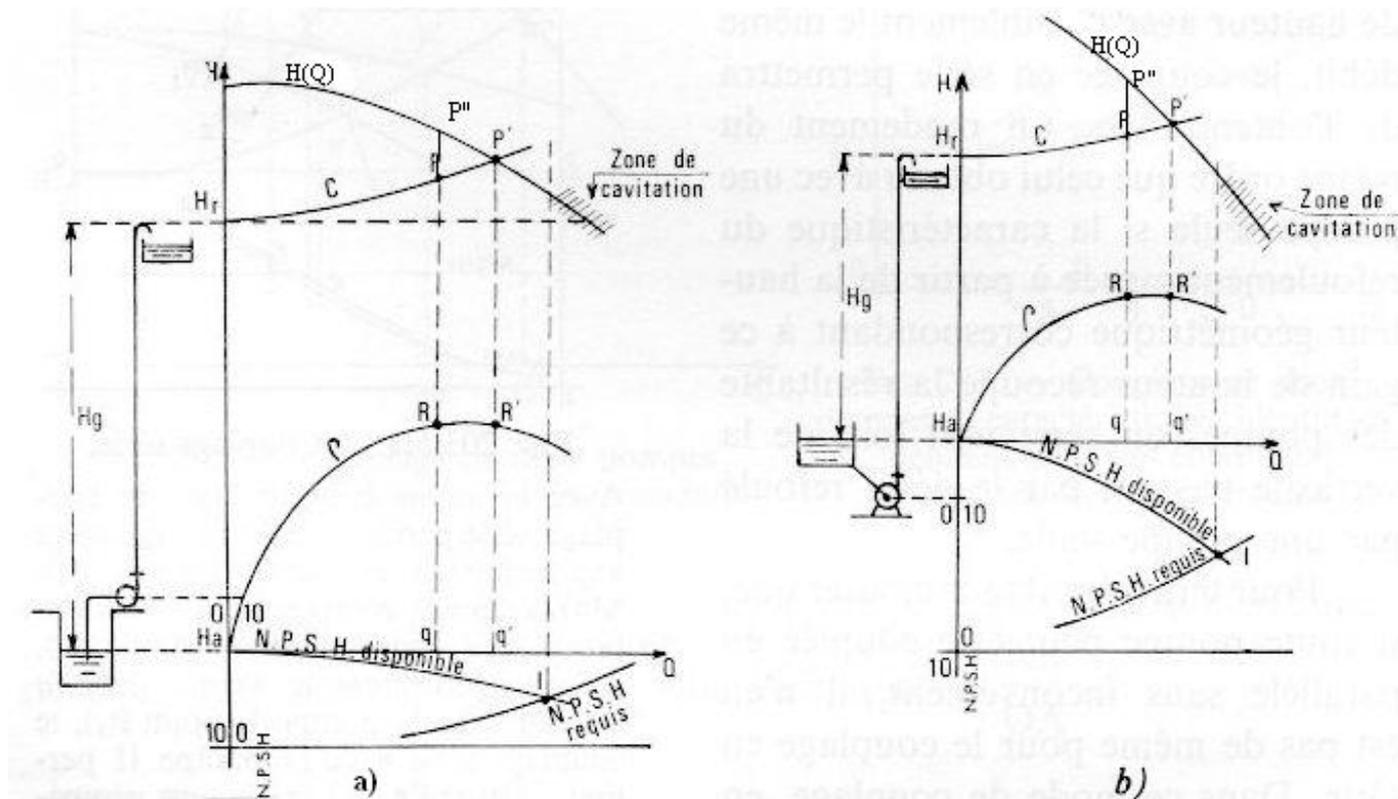


Fig. 17 On accepte le point P' ; a) pour l'aspiration en dépression ; b) pour l'aspiration en charge

1.2.2 Accepter la courbe $H(Q)$ et vanner sur le refoulement

On ouvre partiellement la vanne de refoulement.

Le point de fonctionnement est en P'' (Fig. 17). On augmente de ce fait la consommation d'énergie.

4.2.3 Rognage de la roue

Dans ce cas le point de fonctionnement présenté (P') doit être assai voisin du point désiré (P). Application des relations de similitude : $\frac{Q}{q} = \frac{H}{h} = \frac{D}{d}$. En posant $d=m^2D$,

où m est le coefficient de rognage, on aura donc

$$\frac{Q}{q} = \frac{H}{h} = \frac{1}{m^2}, \text{ si } q \text{ et } h \text{ sont les coordonnées du point } P, Q$$

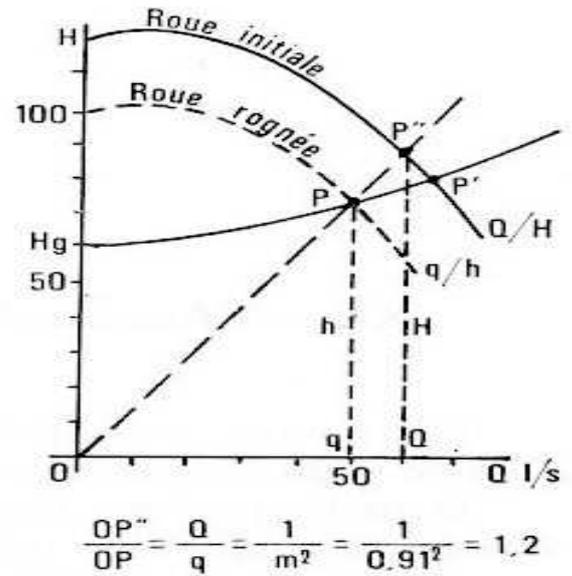
et H doivent être les coordonnées du point situé sur la droite OP qui coupe $H(Q)$ au point P'' .

D'après les triangles semblables :

$$\frac{Q}{q} = \frac{H}{h} = \frac{1}{m^2}, \text{ donc } m = \sqrt{\frac{q}{Q}}$$

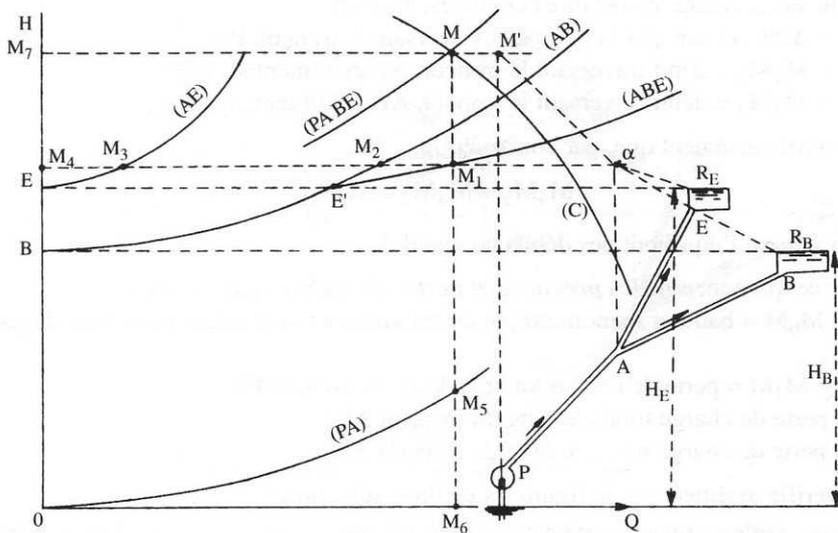
Le pourcentage de rognage sera donc : $(1 - m) 100\%$. La nouvelle courbe $H'(Q)$ (roue rognée) pourra être tracée point par point puisque $OP = m^2 OP''$.

Le rognage maximal possible ne doit pas dépasser 20%. Mais il est spécifique à chaque pompe.



1.3 Etude des différentes variantes du point de fonctionnement

4.3.1 Une pompe débitant sur un réseau comportant plusieurs conduites



Soit une pompe centrifuge P débitant sur un réseau composé d'un tronçon commun PA alimentant deux tronçons AE et AB .

H_B et H_E sont les hauteurs géométriques des réservoirs B et E par rapport un plan d'aspiration.

1° Traçage de la courbe caractéristique résultante du réseau

- On trace les courbes des tronçons PA , AB et AE .
- On trace la courbe résultante (AEB) de deux tronçons AE et AB branchés en parallèle. Pour tracer cette courbe AEB on additionne les abscisses pour la même ordonnée.

4.4 Couplage des pompes centrifuges en parallèle

Plusieurs pompes fonctionnant en parallèle sur un réseau

Dans ce cas, chaque refoulement individuel aboutit sur un collecteur général commun et pour une hauteur d'élévation donnée, le débit de l'ensemble est égal à la somme des débits de chaque groupe. Le couplage des pompes en parallèle est utilisé pour le grand débit.

4.4.1 Couplage en parallèle des pompes à caractéristiques inégales

Soient I et II les caractéristiques $H(Q)$ des pompes fonctionnant sur une conduite de caractéristique (AB). Soient également (η) et (η') , (P) et (P') les caractéristiques des rendements et des puissances absorbées de chacune de ces pompes pour leur vitesse de rotation donnée.

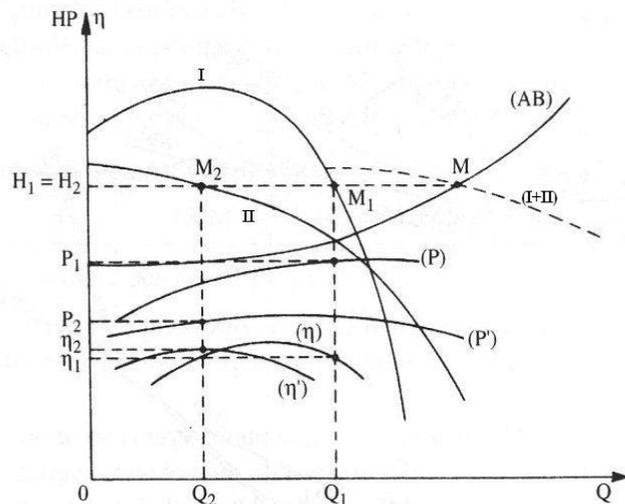
Pour tracer la caractéristique résultante (I + II) (courbe en pointille), il faut additionner les abscisses (débits) de (I) et (II) pour la même ordonnée (hauteur) (voir la figure ci-dessous).

Le point M est le point de fonctionnement de l'ensemble des deux pompes.

- La parallèle à l'axe des abscisses passant par M, coupe les courbes (I) et (II) en M_1 et M_2 (points de fonctionnement de chaque pompe).
- Les rendements se lisent sur les verticales respectives M_1Q_1 et M_2Q_2 .
- La puissance totale absorbée est égale à

$$P_{ab}^T = \gamma H^T \left(\frac{Q_1}{\eta_1} + \frac{Q_2}{\eta_2} \right).$$

- Il faut vérifier s'il n'y a pas marche en cavitation pour chaque pompe.



4.4.2 Couplage en parallèle des pompes à caractéristiques identiques

Soit $H(Q)$ (I) la caractéristique $H(Q)$ commune à chacune des pompes.

$H^T(Q)$ (II) -caractéristique résultante des deux pompes identiques.

P - le point de fonctionnement de l'ensemble des pompes

P' -le point de fonctionnement d'une seule pompe fonctionnant sur la conduite de refoulement (C), le débit refoulé dans ce cas est égal à Q' .

$$Q' > \frac{Q^T}{2}$$

La puissance totale absorbée par l'ensemble des

pompes est égale à $P_{ab}^T = \gamma \frac{Q^T H^T}{\eta'}$

