



Cours destiné aux étudiants de la 3ème année licence hydraulique
Département de l'Hydraulique
Faculté de technologie
Université Batna 2

Chapitre IV. Fonctionnement des pompes

I. Caractéristique hauteur-débit d'un réseau hydraulique
1.1. Caractéristique d'une conduite

Connaissant les caractéristiques d'une canalisation équipée par une pompe ; il est possible de calculer pour différents débits Q qui la traversent sur un graphe de coordonnées H et Q sur lequel on porte les différents points correspondant à Q_i , l'ordonnée OA représente la hauteur géométrique $OA = H_g(m)$ d'élévation.

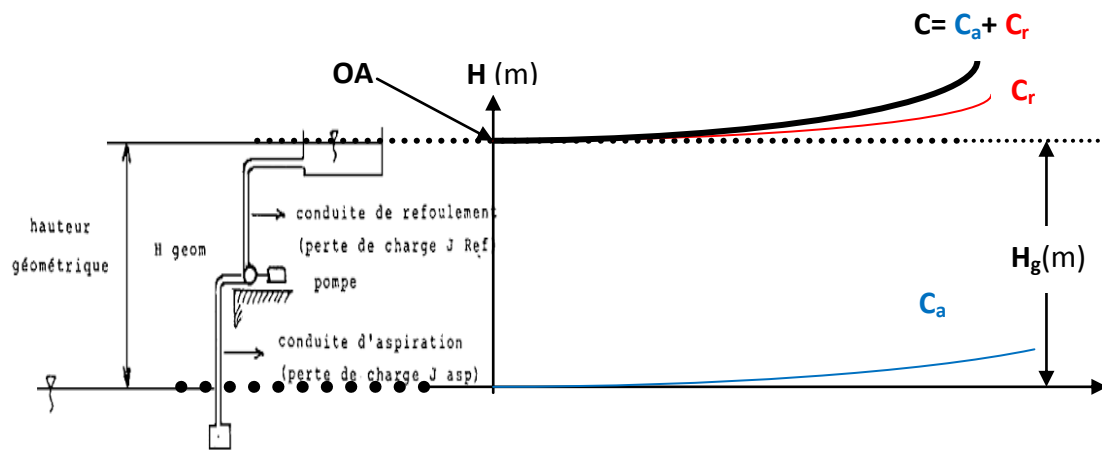


Figure 1.4 : Tracé de la caractéristique résultante des conduites d'aspiration et de refoulement
 Si H_g reste constant en fonction du débit, on obtient la courbe $C = C_a + C_r$. Connaissant la perte de charge linéaire:

$$\Delta H_l = \frac{\lambda \cdot V^2}{2gD} \cdot L \quad 1.4$$

En admettant que la perte de charge singulière ΔH_s est estimée à 15% de la perte de charge linéaire alors,

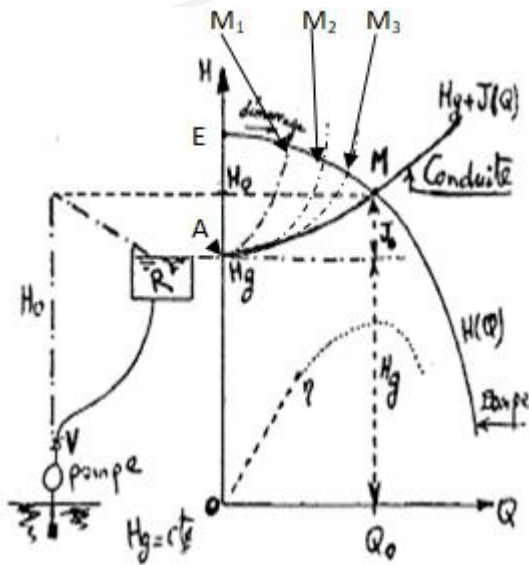
$$\Delta H_t = \Delta H_l + \Delta H_s = 1.15 \frac{\lambda \cdot V^2}{2gD} \cdot L = \frac{1.15 \cdot 8 \cdot \lambda \cdot Q^2 \cdot L}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5} = R \cdot Q^2 \quad 2.4$$

avec $V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$ ou R : est la résistance de la conduite

$$R = \frac{8 \cdot 1.15 \cdot \lambda \cdot L}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5}$$

2. Point de fonctionnement de la pompe

2.1. Cas d'une pompe débitant sur une conduite



Une pompe tournant à une vitesse de rotation N ; débitant dans une conduite à une hauteur H ou H_{mt} , l'intersection de la courbe caractéristique de la pompe $H=f(Q)$ ou $H(Q)$ au point M , ce dernier s'appelle **point de fonctionnement** de la pompe. La mise en route de la pompe à vanne fermée, la pompe fonctionne en régime de barbotage sur la hauteur OE à débit nul OE ($Q=0$ et $H=OE$) ; la différence AE contribue à mettre l'eau en vitesse au fur et à mesure qu'on ouvre la vanne de refoulement.

Figure 2.4 : Point de fonctionnement de la pompe

Le débit augmente et le point de fonctionnement de E à M_1, M_2, M_3 jusqu'au point M qui correspond à un régime stable et la pression créée par la pompe et permet donc de tracer la ligne piézométrique PF le long de la canalisation de refoulement.

2.2. Cas d'une pompe assurant un débit q au point N

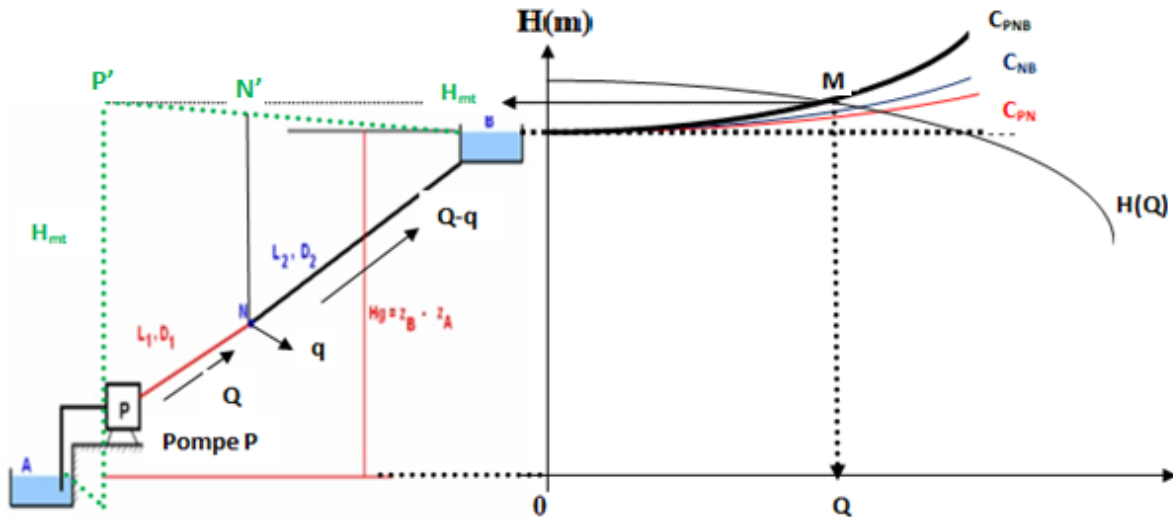
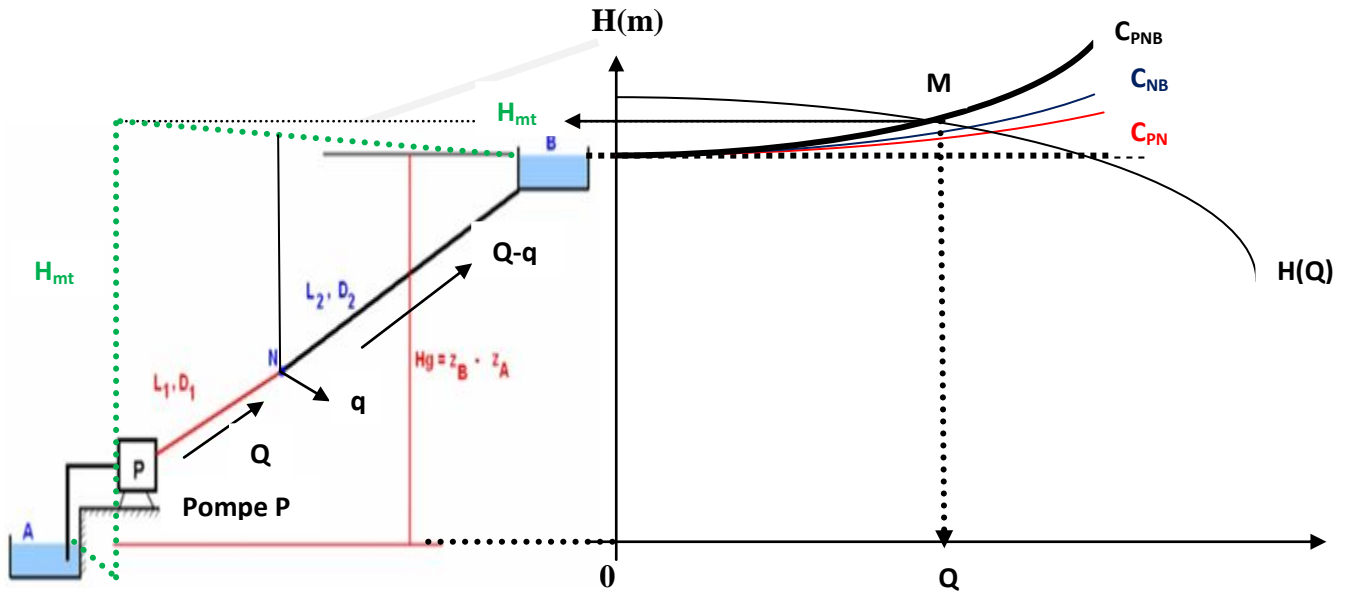


Figure 3.4. Pompe refoulant sur deux tronçons disposés en série de diamètres différents

Pour tracer le point de fonctionnement M de la pompe, il faut tracer les caractéristiques des deux tronçons PN et NB pour les différents débits. La courbe caractéristique de l'ensemble de la canalisation sera obtenue en ajoutant les pertes de charge des deux tronçons PN et NB disposés en série pour obtenir la courbe C_{PNB} . A partir de M on peut tracer facilement la ligne piézométrique $APP'N'B$.



2.3. Cas d'une pompe assurant un débit sur un réseau comportant deux canalisations montées en parallèles.

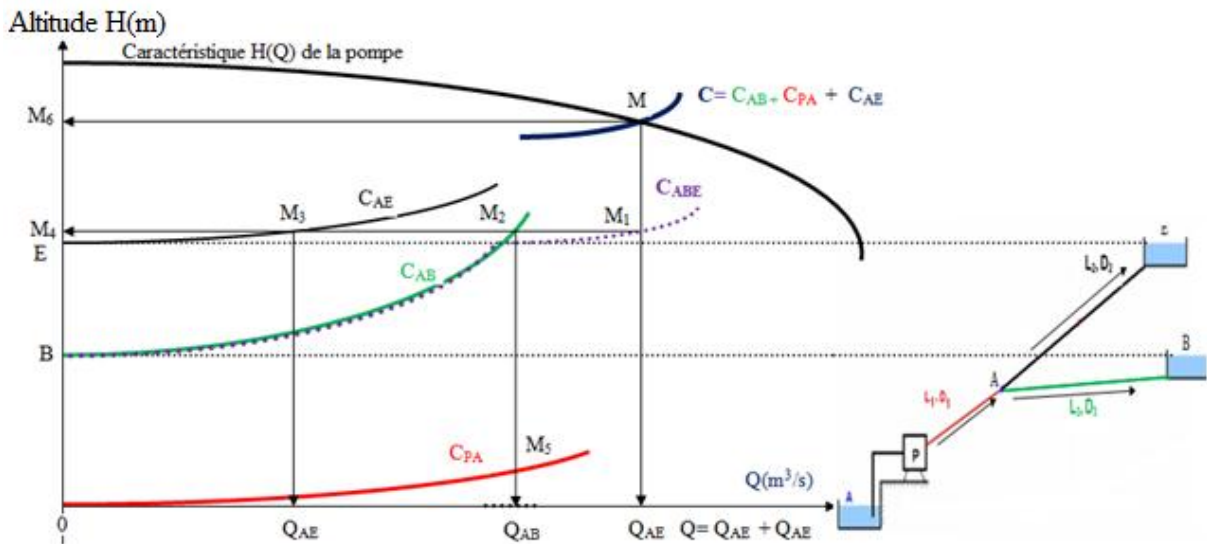


Figure 4.4. Point de fonctionnement alimentant deux réservoirs à cotes différentes alimentés par deux tronçons montés en parallèles

La pompe P débite sur le tronçon commun PA pour répartir le débit Q en alimentant les deux tronçons AB et AE afin de remplir les réservoirs R_B et R_E. Soit OB= HB et OE= HE, on trace les courbes caractéristiques des conduites (AB) et (AE) des tronçons AB et AE, on obtient la caractéristique ABE. La conduite PA est disposée en série avec AB et AE. Pour obtenir définitivement la courbe PABE qui est la caractéristique résultante du réseau en ajoutant les pertes de charge de la courbe ABE et les pertes de charges Dans la conduite PA. Cette caractéristique coupe celle de la courbe caractéristique de la pompe H(Q) en point M qui est le point de fonctionnement de la pompe cherché. On mène par M la parallèle à l'axe des ordonnées coupe C_{ABE} en M₁, par M₁ et M on trace la parallèle à l'axe des abscisses qui coupe C_{AB} en M₂ et C_{AE} en M₃, l'intersection avec l'axe des abscisses en Q_{AB} et Q_{AE} sont les deux

débites respectivement dans les tronçons AB et AE. $M_1M = Q_tM$: Pertes de charge dans le tronçon $OM_6 = H_{mt} = Q_tM$.

II. Choix d'une pompe

Les différentes contraintes qui doivent être prises en considération pour orienter le choix du type de pompe à adopter résultent de l'examen de diverses conditions à satisfaire.

2.1. Conditions hydrauliques

La hauteur manométrique totale H_{mt} calculée et le débit Q à assurer, sont répartis sur la courbe $H(Q)$ de la pompe choisie est susceptible de fonctionner dans la zone de son rendement maximal, conduisant au coût le plus faible du m^3 d'eau élevé.

2.2. Conditions mécaniques

Les valeurs de la vitesse de rotation du couple de la puissance absorbée et du rendement sont à prendre en considération pour choisir le type du moteur d'entraînement de la pompe.

2.3. Conditions d'installations

Les conditions d'aspiration (NPSH) et d'amorçage, l'encombrement du groupe doivent intervenir pour orienter le choix sur tel ou tel type de pompe. Connaître les caractéristiques physico-chimiques de l'eau pour éviter le problème de corrosion.

II. Fonctionnement des pompes en parallèles

On dit que des pompes sont placées en parallèle quand leurs points d'aspiration et de refoulement sont identiques (figure 5.4).

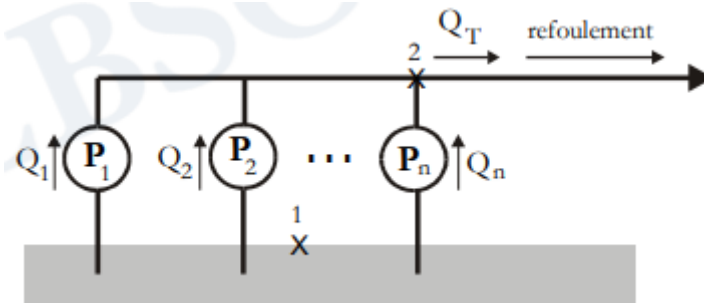


Figure 5.4 : Pompes en parallèle

a. Cas de deux pompes de caractéristiques différentes

Soient deux pompes appelées à fonctionner en parallèle sur une conduite unique (voir Figure 6.5).

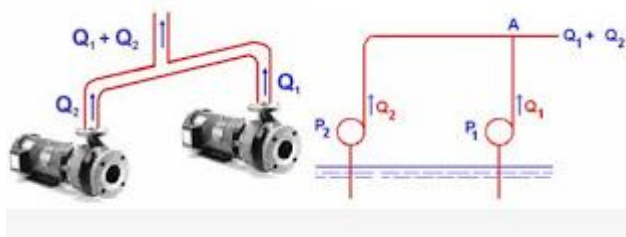


Figure 6.5 : Couplage de deux pompes en parallèle de caractéristiques différentes

En écrivant l'équation de Bernoulli entre les points 1 et 2 pour chacune des pompes (figure 6.5), on constate que : les hauteurs sont égales

$$H_1 = H_2 = \dots = H_n \quad 3.4$$

Le débit total est :

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \quad 5.4$$

Soient $H_{1i}=f(Q_i)$ et $H_{2i}=f(Q_i)$ ($H_1= H_2$) (Figure 7.4) des courbes caractéristiques de deux pompes montées en parallèles de caractéristiques différentes. Si les pompes refoulent dans la même conduite, les débits qui la traversent celle-ci s'ajoutent.

M : est le point de fonctionnement des deux pompes

M_1 et M_2 : Sont les points de fonctionnement de chaque pompe

Pompe P_1 {rendement η_1 , Hauteur $H_1 = H_2 = H$ et débit Q_1 }

et Pompe P_2 {rendement η_2 , Hauteur $H_2 = H_1 = H$ et débit Q_1 }

La puissance absorbée totale absorbée des deux pompes montées en parallèle est t :

$$P_{totale} = P_{ui1} + P_{ui2} = \varpi \cdot H \left(\frac{Q_1}{\eta_1} + \frac{Q_2}{\eta_2} \right) \quad 2.5$$

$$H_1=H_2 = H$$

Les relations (3.4) et (5.4) permettent de trouver la courbe caractéristique d'une pompe équivalente représentant deux pompes placées en parallèle (figure 7.4).

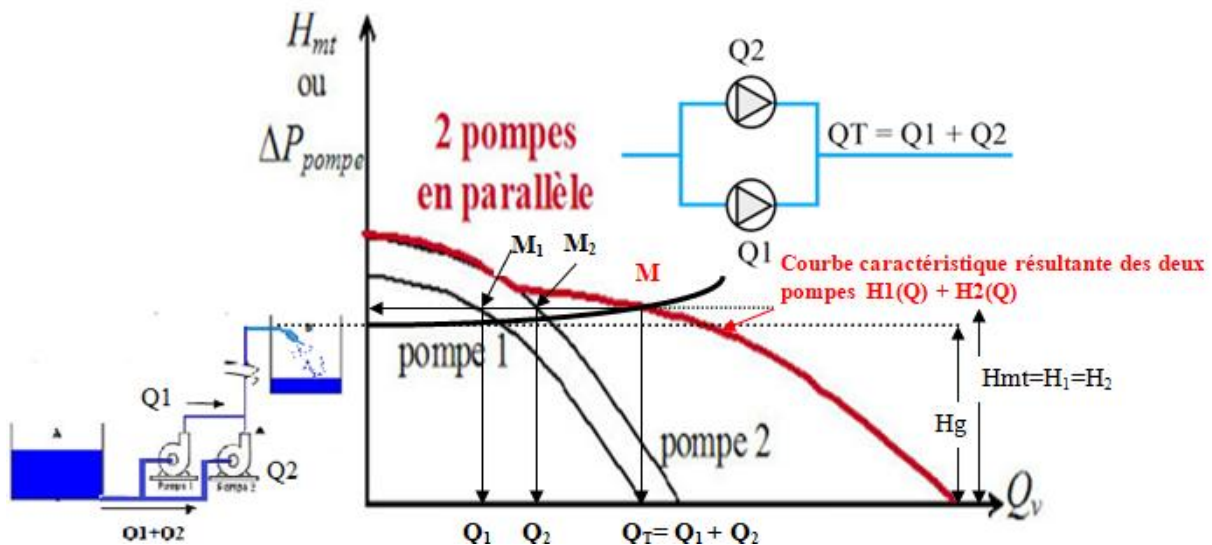


Figure 7.4 : Tracé de la courbe caractéristique résultante de deux pompes en parallèle de caractéristiques différentes

b. Cas de deux pompes de mêmes caractéristiques

Pour les pompes montées en parallèle refoulant le même débit et à la même hauteur (voir figure 8.4)

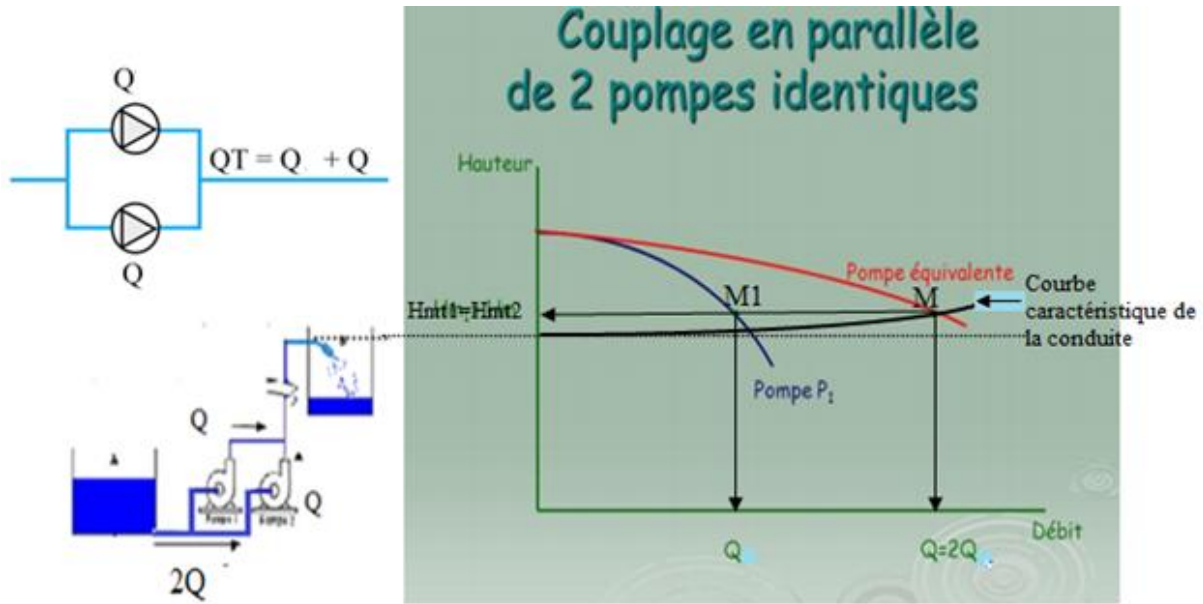


Figure 8.4 : Tracé de la courbe caractéristique résultante de deux pompes fonctionnant en parallèle de même caractéristiques.

La puissance totale est :

$$P_{totale} = 2.P_{ui1} = 2.P_{ui2} = \frac{2\omega.H.Q}{\eta} \quad 2.6$$

Avec $\eta_1 = \eta_2, H_1=H_2 = H$ et $Q_1 = Q_2$

c. Cas de quartes (04) pompes de mêmes caractéristiques

D'après (3.5), les pompes sont placées en parallèle pour augmenter le débit. En fait, dans une station de pompage, le débit varie généralement en fonction de l'heure de la journée et de la journée de la semaine. Afin de couvrir une grande gamme de variations de débit avec un rendement acceptable, il faut faire démarrer ou arrêter successivement un certain nombre de pompes selon la variation de la demande. Les relations (3.4) et (3.5) permettent de trouver la courbe caractéristique d'une pompe équivalente représentant deux pompes placées en parallèle (figure 9.4) qui est le tracé de la caractéristique résultante de trois(03) pompes identiques fonctionnant en parallèle.

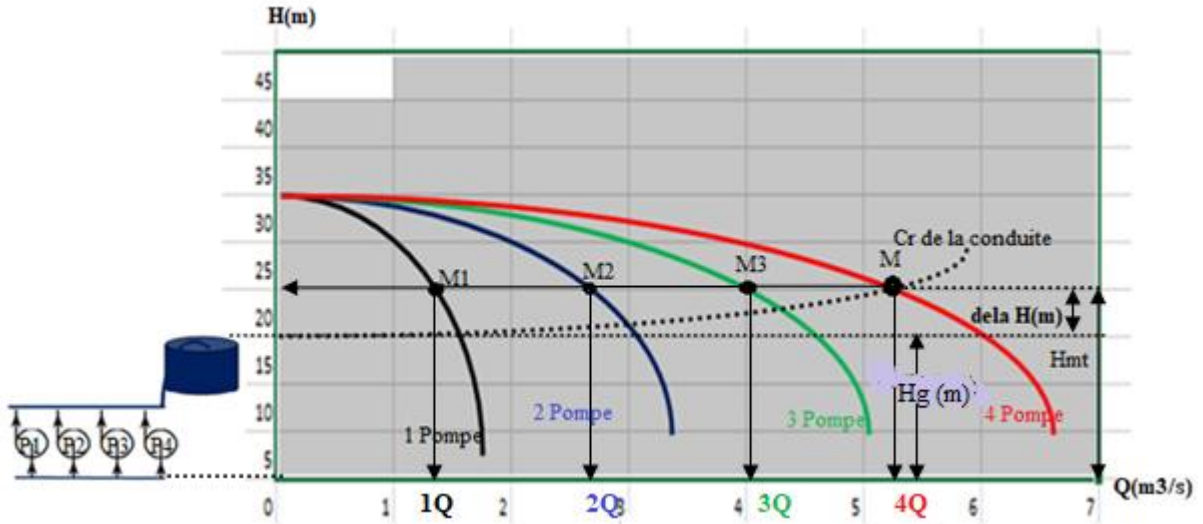


Figure 9.4 : Tracé de la courbe caractéristique résultante des quatre (04) pompes fonctionnant en parallèle de même caractéristiques.