

Chapitre II

Couplage des pompes

H. Bouchelkia

La détermination du point de fonctionnement est aisée quand l'installation comporte seulement une pompe et une conduite.

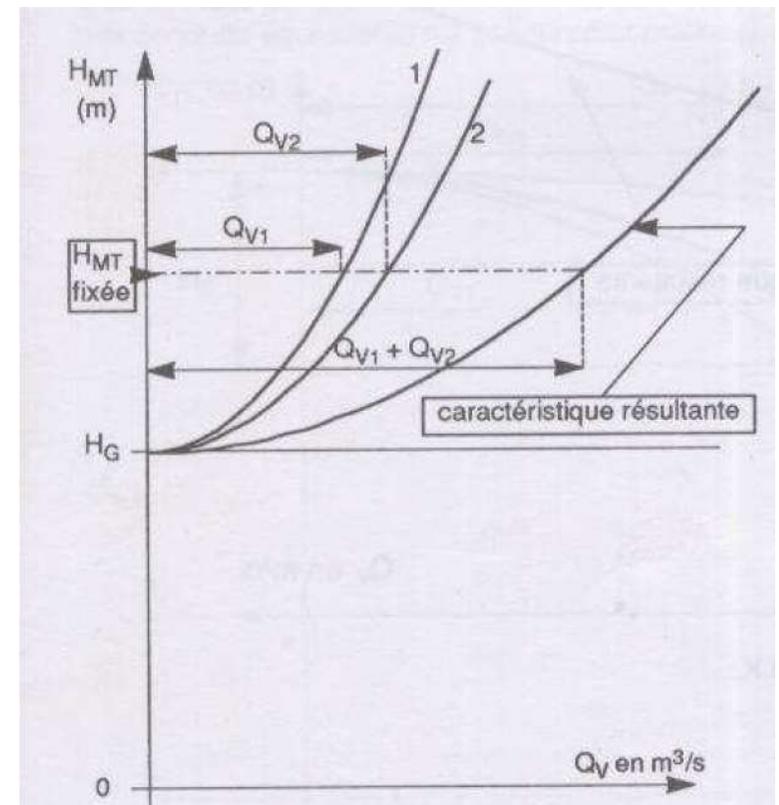
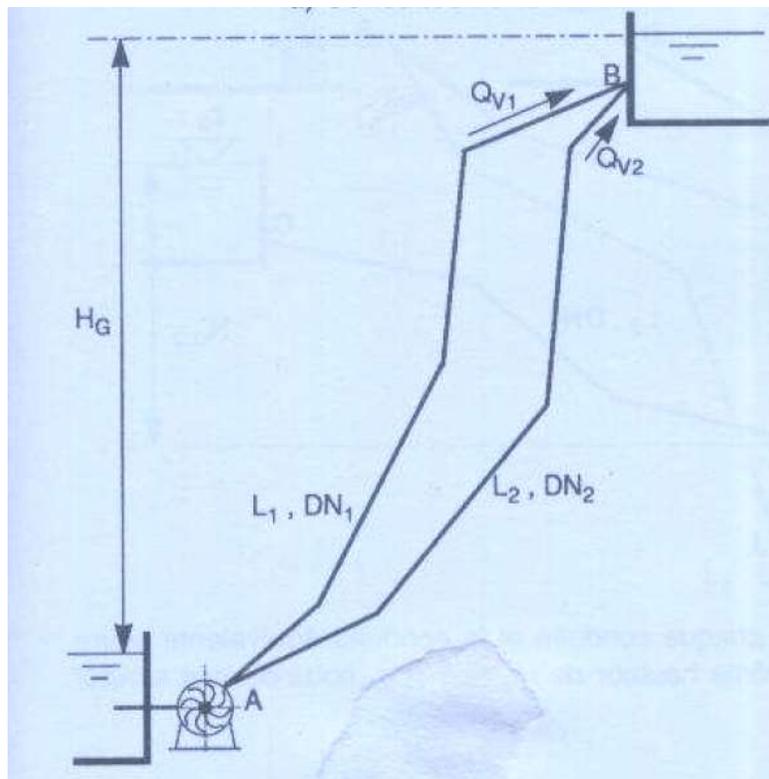
Généralement les stations de pompage comportent plus d'une pompe (installées en série ou en parallèle) et refoulant dans des conduites (en série ou en parallèle).

I. Couplage des conduites

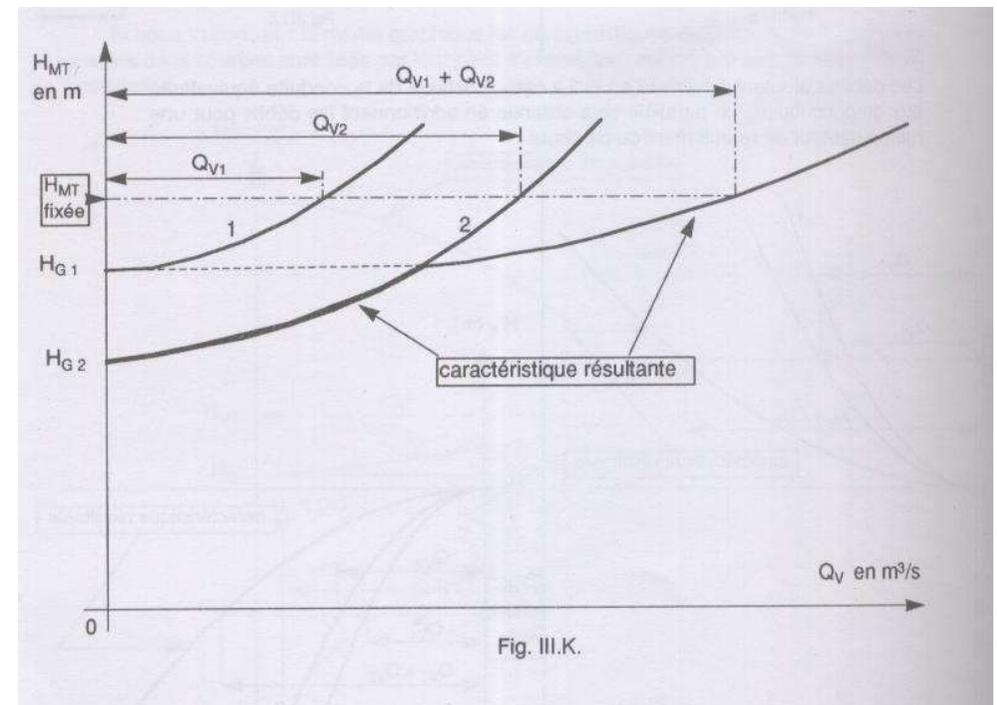
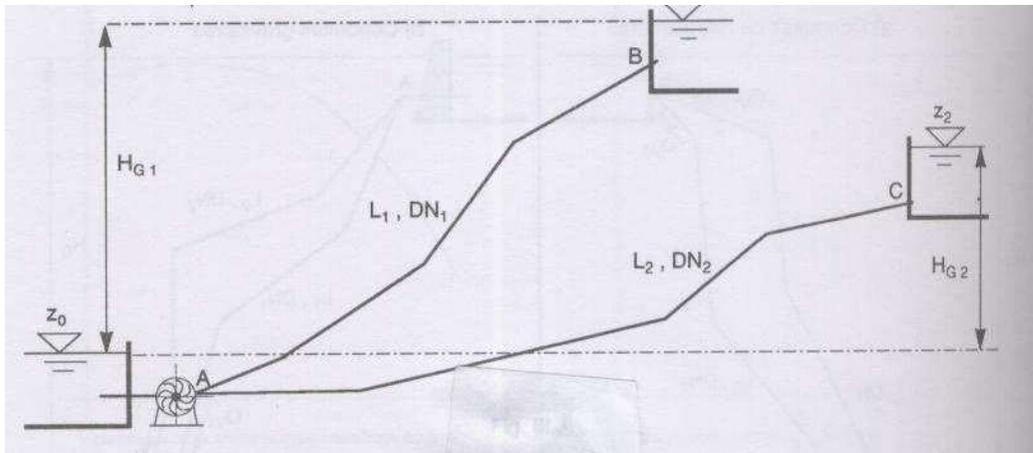
1- Couplage en parallèle

Plusieurs conduites partent d'un point et aboutissent à un ou à des points différents

- Le débit résultant est composé de la somme des débits de chaque conduite
- La caractéristique de l'ensemble des pompes sera obtenue en additionnant pour une même ordonnée H , les débits abscisses de chaque pompe.



- Conduites en parallèle partant du même point A et arrivant à des points différents B et C



2- Couplage en série

C'est le principe du couplage en série qui régit les pompes centrifuges multicellulaires (pompes à étages). Tout se passe comme si le refoulement d'une pompe arrivait à l'ouïe d'aspiration de la pompe suivante.

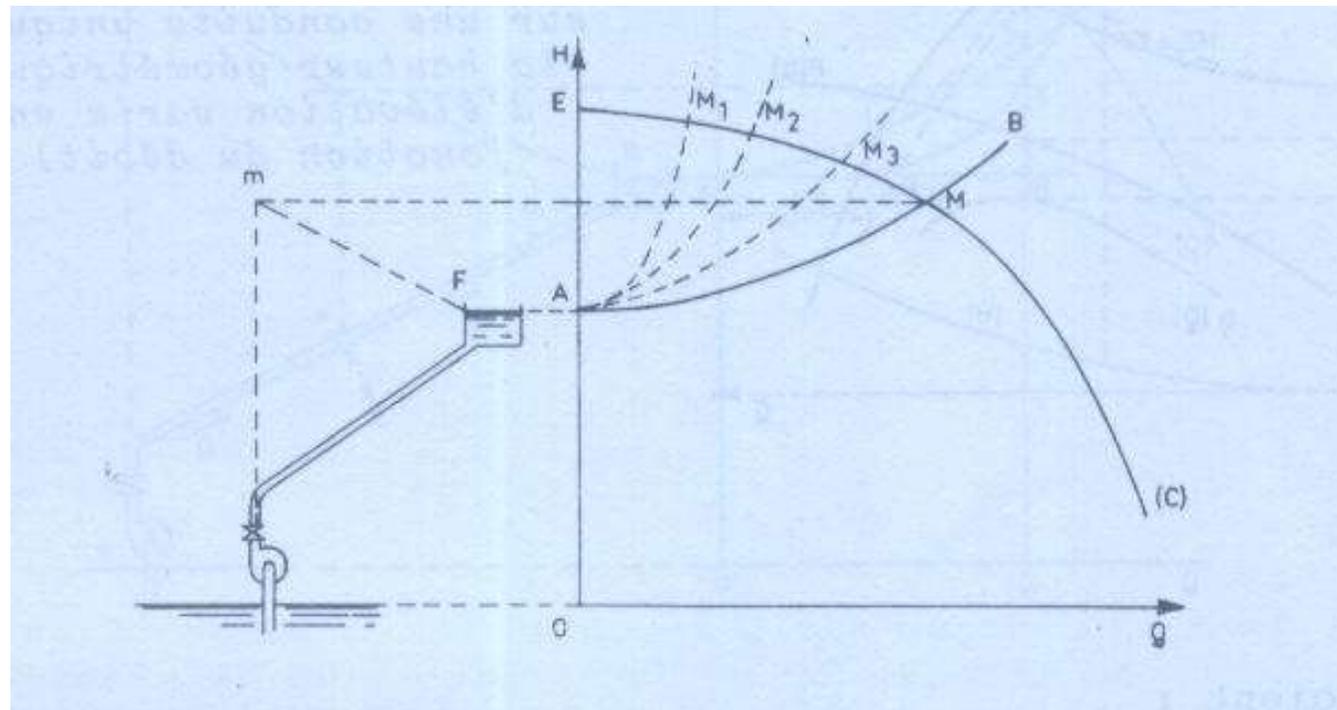
Pour un débit donné la hauteur d'élévation est égale à la somme des hauteurs d'élévation produites par chaque groupe ou chaque cellule (roue).

La caractéristique de l'ensemble des pompes sera obtenue en additionnant pour une même abscisse Q , les ordonnées H , de chaque pompe.

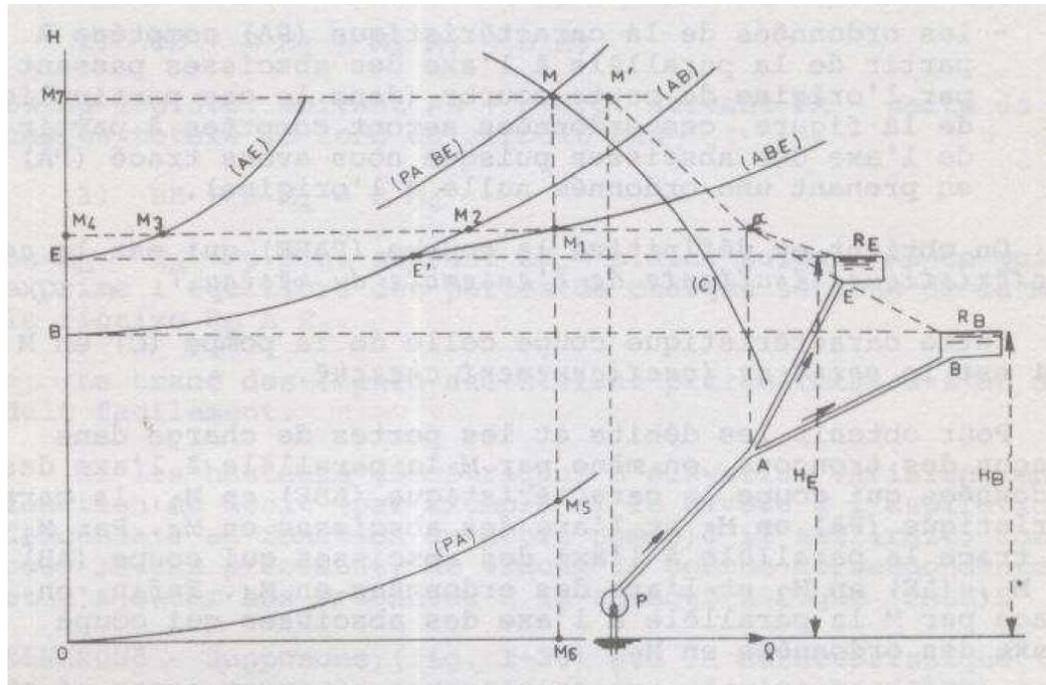
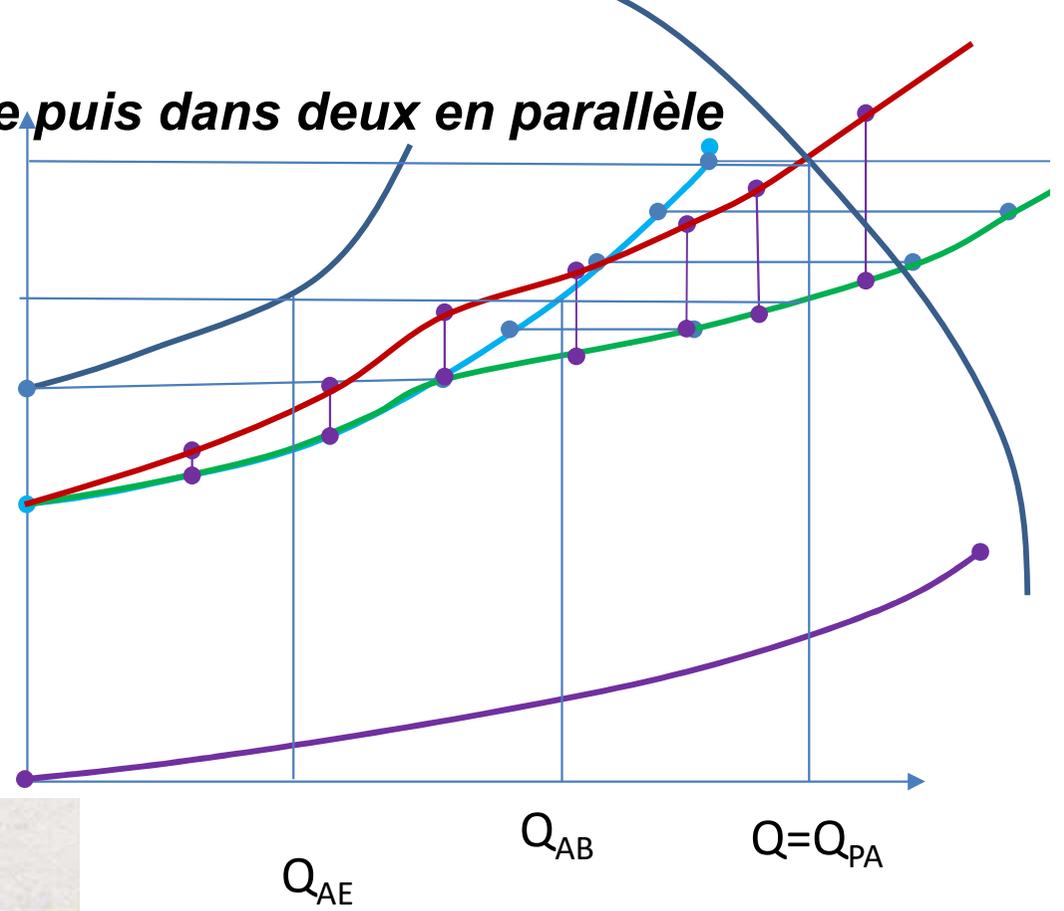
Point de fonctionnement & Résolution graphique de problèmes hydrauliques

Illustration de la variation du point de fonctionnement

Pour une pompe installée le point de fonctionnement varie avec la courbe caractéristique de la conduite de refoulement – longueur, diamètre, rugosité -



a. Une pompe refoule dans une conduite puis dans deux en parallèle

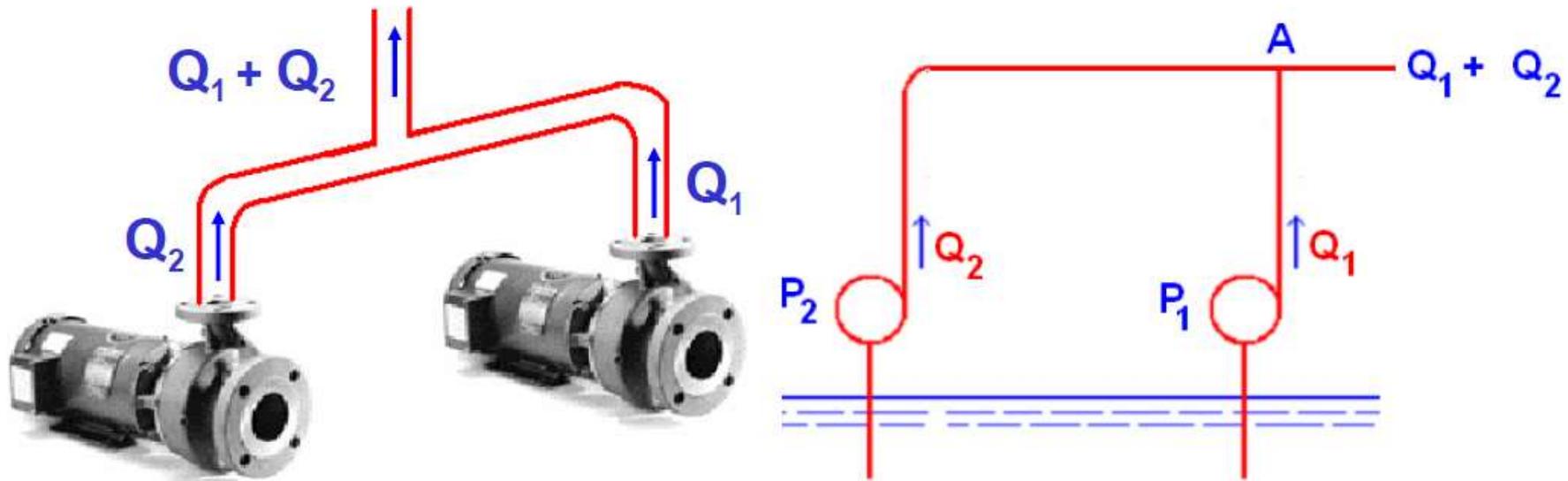


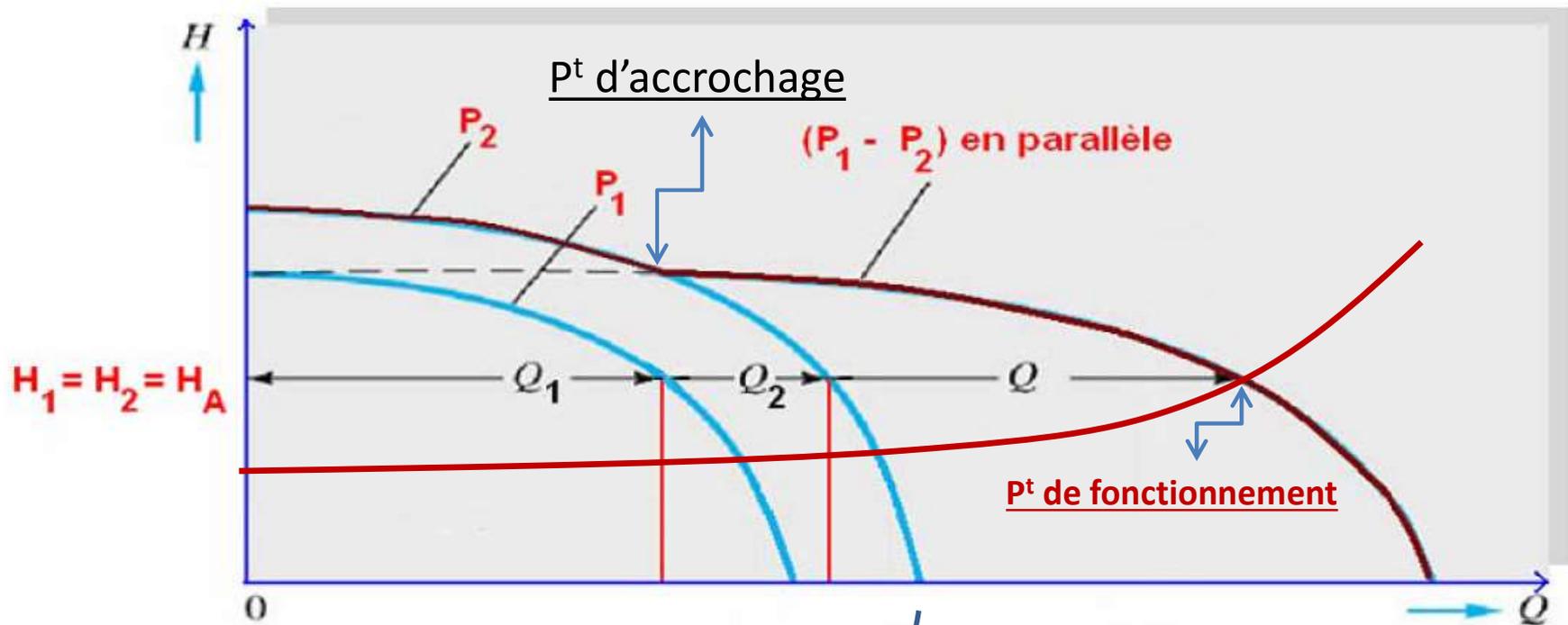
II. Couplage des pompes

Dans bien des cas, les besoins H ou Q ne peuvent être satisfaits par une seule pompe, ou, pour des raisons de souplesse, on préfère utiliser plusieurs pompes. Dans ces cas on sera amené à utiliser des couplages de pompes.

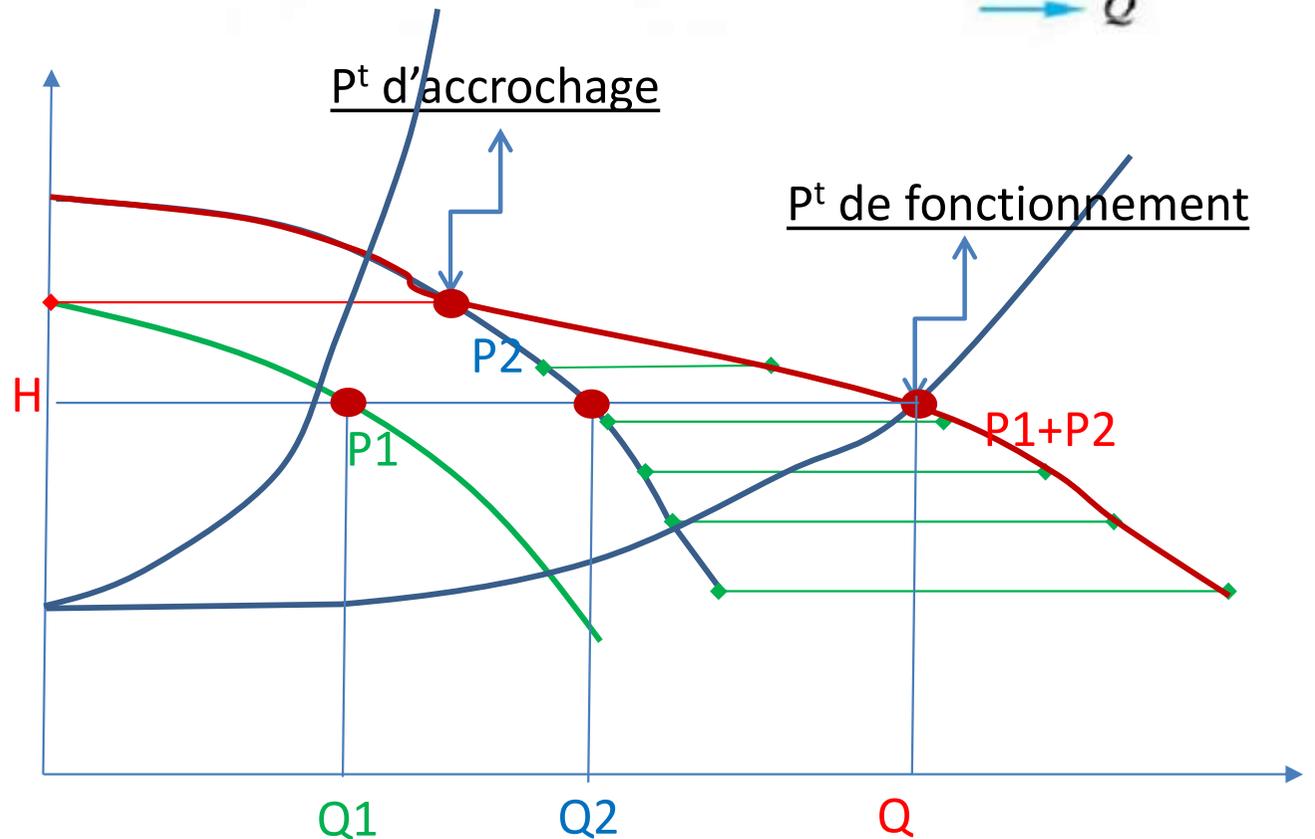
Montage en parallèle

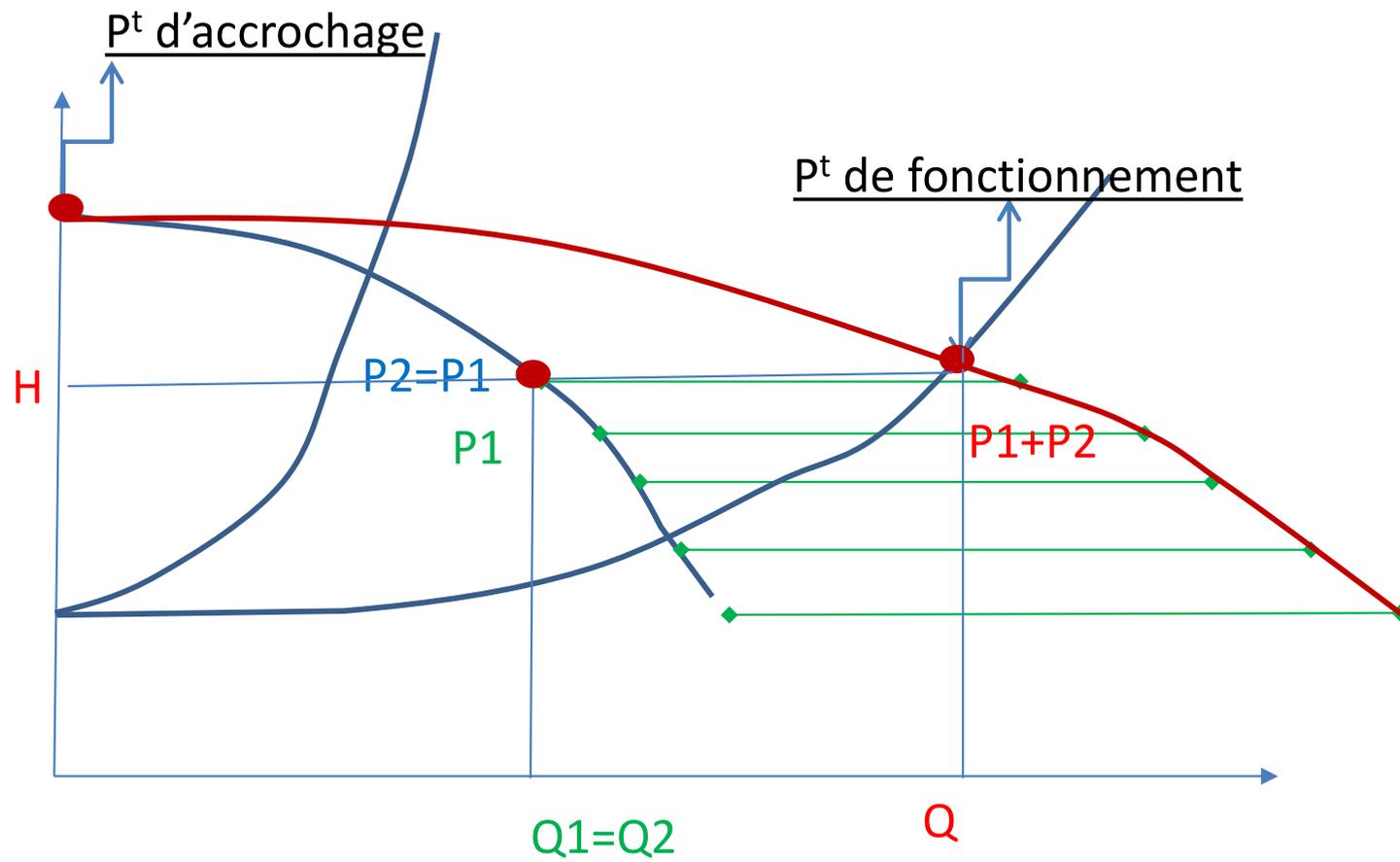
Ce montage se rencontre lorsque l'on désire, pour une même hauteur de refoulement, augmenter le débit. La caractéristique de l'ensemble des deux pompes s'obtient en ajoutant pour une même hauteur les débits de chaque pompe. Le point P appelé point d'accrochage correspond à la hauteur à partir de laquelle le débit de la pompe 1 intervient dans le débit total. Dans le cas où les deux pompes ont des caractéristiques différentes, il convient de s'assurer que le point de fonctionnement **n'est pas au-dessus** du point d'accrochage, auquel cas l'énergie absorbée par la pompe 1 serait totalement perdue. Dans un tel cas, il est généralement difficile de faire travailler chaque pompe avec un bon rendement. Il est souvent bien avantageux d'utiliser deux pompes identiques ce qui évite les risques de décrochage et améliore le rendement de l'ensemble.





en parallèle pour augmenter le débit ; pour une pression (ou une hauteur manométrique totale) donnée, le débit fourni par l'ensemble des deux pompes est la somme des débits que fournirait chacune d'elle seule: $Q=Q_1+Q_2$





Avantages

Deux pompes hydrauliques sont mises en parallèles afin de modifier le débit. Ce dernier est en effet augmenté sans être doublé suite aux pertes linéaires et singulières. Ceci est possible à condition d'adapter la tuyauterie d'aspiration et de refoulement. Ce couplage permet de gagner en temps dans le cas d'un vidage ou d'un remplissage. Le montage en parallèle de deux pompes centrifuges est indiqué pour des circuits ayant des faibles pertes de charge. Le débit se trouve sensiblement augmenté avec une pression proche de la celle d'une pompe.

Inconvénients

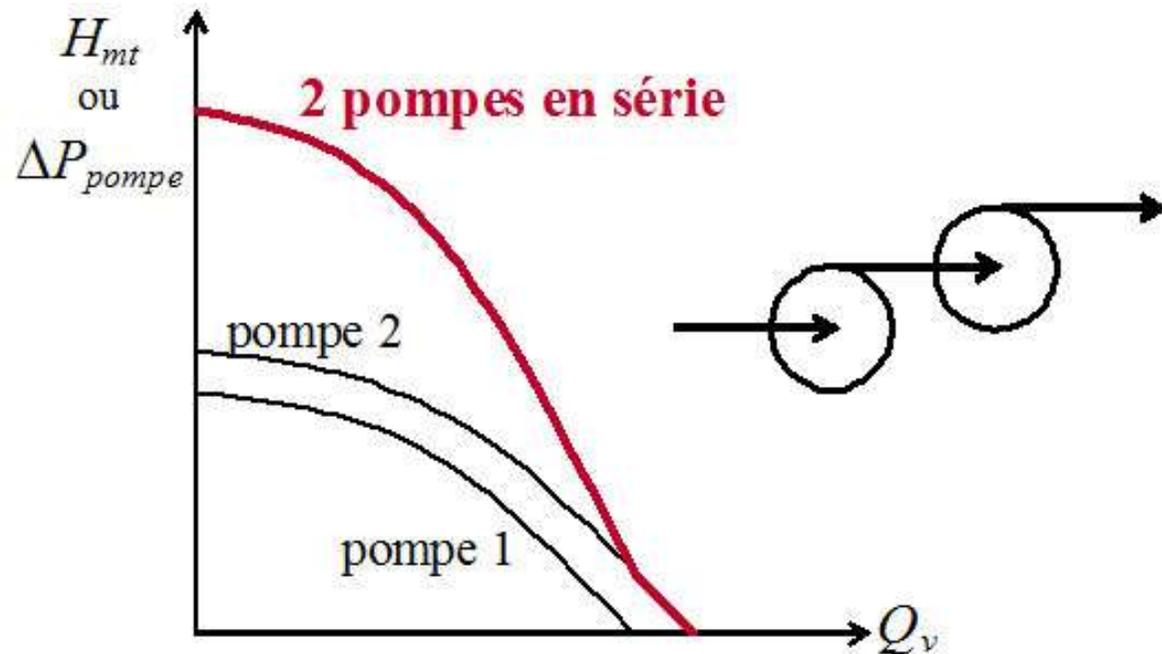
- ✓ La hauteur manométrique d'un couplage parallèle tend à baisser.
- ✓ Ce couplage nécessite une modification de la tuyauterie tant à l'aspiration qu'au refoulement. Le débit ayant augmenté, les deux pompes doivent aspirer et refouler une plus grande quantité d'eau pour un même intervalle de temps. Il faut nécessairement que l'on augmente la section des tuyaux.
- ✓ La panne d'une des deux pompes provoque rapidement des dommages sur l'autre suite à la surpression au refoulement et la sous-pression à l'admission.
- ✓ Un mauvais vannage peut diminuer le rendement.
- ✓ La surconsommation d'énergie due à la multiplication des moteurs devant entraîner les deux pompes

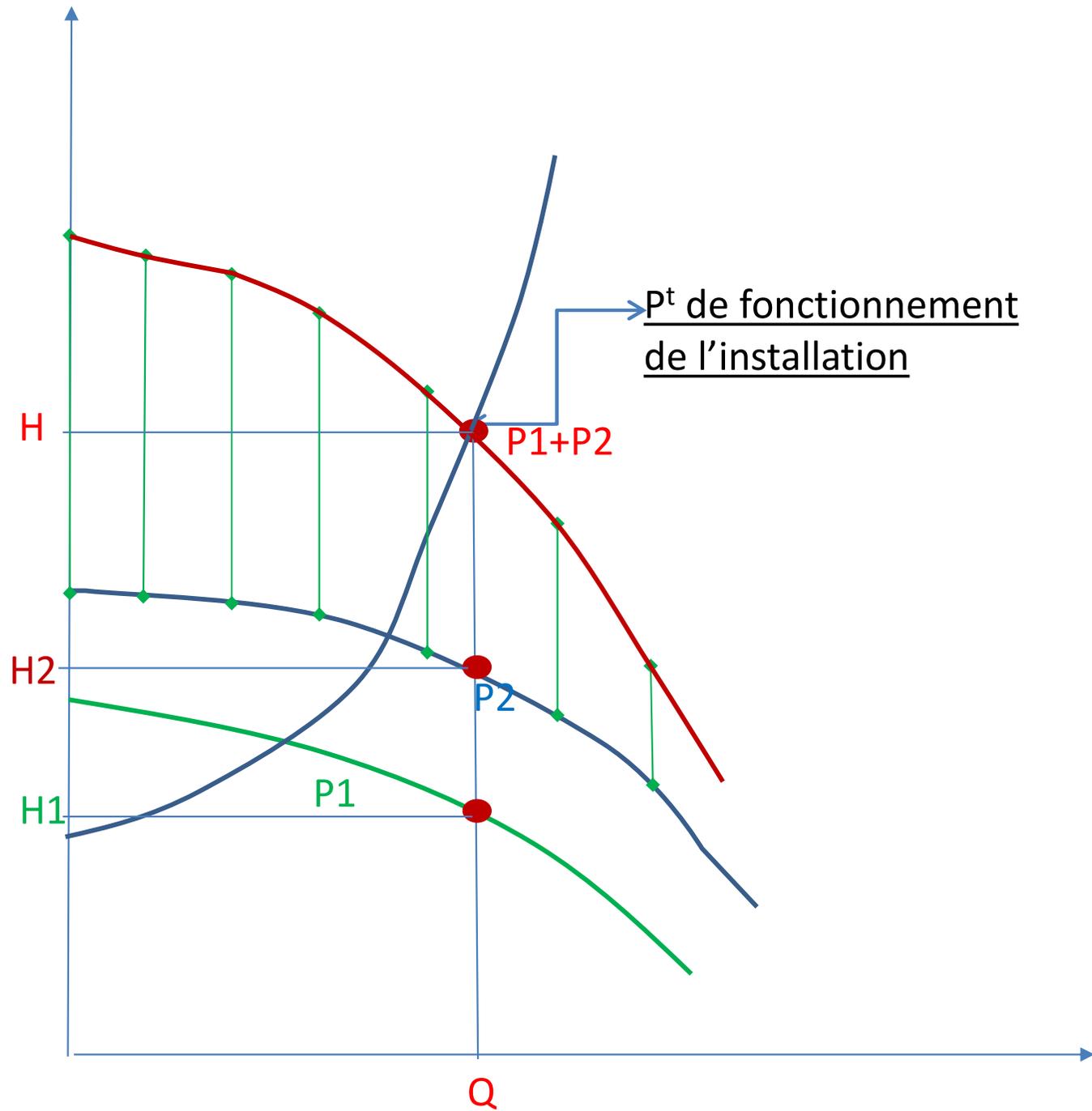
2 Montage en série

Ce montage s'emploie lorsque l'on veut augmenter la hauteur de refoulement. Ce cas se rencontre par exemple sur des forages où une pompe immergée relève l'eau jusqu'à la surface, où elle est reprise par une pompe de surface.

Dans ce cas, la caractéristique de l'ensemble des deux pompes s'obtient en ajoutant pour un débit donné les hauteurs de refoulement des deux pompes.

en série pour augmenter la pression de sortie ; pour un débit donné, la pression (ou la hauteur manométrique totale) fournie par l'ensemble des deux pompes est la somme des pressions (ou des hauteurs manométriques) que fournirait chacune d'elle si elle était seule :
 $H_{eq} = H_1 + H_2$





Avantages

- Le couplage série de deux pompes permet d'augmenter ou mieux de doubler la hauteur manométrique totale. Ceci veut dire que deux pompes placées en série sont capables d'aspirer l'eau d'un point plus bas ou d'emmener l'eau vers un point plus élevé.
- Ce couplage n'a pas besoin d'une augmentation de la section de tuyauterie.
- Deux pompes en série font naturellement varier à la fois la Hauteur manométrique totale et le débit. La seconde pompe étant alimentée sous pression présente un meilleur rendement. Ceci peut relativement influencer la vitesse de rotation de la roue et, par conséquent, la vitesse du fluide. Afin de ne faire varier que la HMT en la doublant, il faut garder constant le débit d'une seule pompe à l'aide d'une vanne.

Inconvénients

- Un mauvais vannage peut endommager précocement la pompe.
- Un allongement conséquent de la tuyauterie est éventuellement nécessaire dans un couplage série. Le non-respect de la distance entre les pompes peut avoir des conséquences néfastes sur le fonctionnement du montage. Autrement dit, pour deux pompes identiques montées en série, il faut s'assurer que la pression résultante est admissible par la dernière pompe. Si cela n'est pas le cas on peut toutefois la réduire à une valeur acceptable en augmentant les pertes de charges.
- La surconsommation d'énergie due à la multiplication des moteurs devant entraîner les deux pompes.

Conditions de couplage Série ou/et parallèle des deux pompes centrifuges différentes

Le principe reste le même pour chaque type de couplage. Quand deux pompes différentes sont placées en parallèle ou en série la modification sensible ne concerne que le débit ou la Hauteur manométrique totale. Cependant, il est nécessaire de veiller aux aspects suivants :

- ❑ S'assurer que les deux pompes ont des caractéristiques dont les valeurs sont repérables sur la plage des associations possibles et sans dommages.
- ❑ Adapter la tuyauterie d'alimentation et la hauteur d'aspiration afin d'éviter la surcharge sur la pompe de faible hauteur manométrique et l'insuffisance de débit sur la pompe de grande puissance.
- ❑ S'assurer de la correspondance des débits entre les deux pompes en série. On peut y parvenir par un système de vannage avec des tuyauteries dotées des débitmètres. Dans ce cas il faut absolument placer en dernière position la pompe ayant une plus grande hauteur manométrique.

Dans le cas contraire la surpression peut être dommageable sur la pompe de faible pression.

- ❑ Veiller à avoir la même pression pour les deux pompes montées en parallèle.

Remarques sur l'installation

Une pompe à sa mise en route n'aspire que si l'aspiration et la pompe contiennent de l'eau. Afin d'**amorcer une pompe** plusieurs solutions sont possibles. La première est de **remplir manuellement la pompe** et l'aspiration (clapet de pied nécessaire) en amenant de l'eau dans l'entonnoir prévu sur la pompe. Un deuxième procédé consiste à **placer la pompe en charge** par rapport à l'alimentation, ou par rapport au refoulement si la conduite demeure en charge. On peut aussi adjoindre à la pompe, une pompe à vide destinée à remplir la conduite d'aspiration. Enfin, il existe des **pompes auto-amorçante** pour lesquelles il suffit de remplir le corps de pompe. Ces dernières se limitent à des modèles de faible puissance.

Dans un autre ordre d'idées, il convient de soigner la constitution de la conduite d'aspiration qui doit, lorsque les risques de cavitation sont possibles, donner une perte de charge aussi faible que possible. Cette conduite doit également ne pas avoir de points hauts afin d'éviter lors de son remplissage, la formation de "bouchons d'air". Enfin, l'arrivée de l'eau dans la pompe doit être aussi bien répartie que possible. Il faut donc éviter de faire faire à l'aspiration un coude juste en aval de la pompe.

Exercice 1

Une pompe refoule dans deux conduites en parallèle de même longueur et de même diamètre ; Une est en PVC et l'autre est en Fonte usagée. Donner l'allure des courbes caractéristiques des deux conduites (graphique non à l'échelle) : Les deux conduites refoulent à la même cote.

EXERCICE 1:

Conduite Bâche à R1 = Conduite Bâche à R2 ; PE100, PN 10

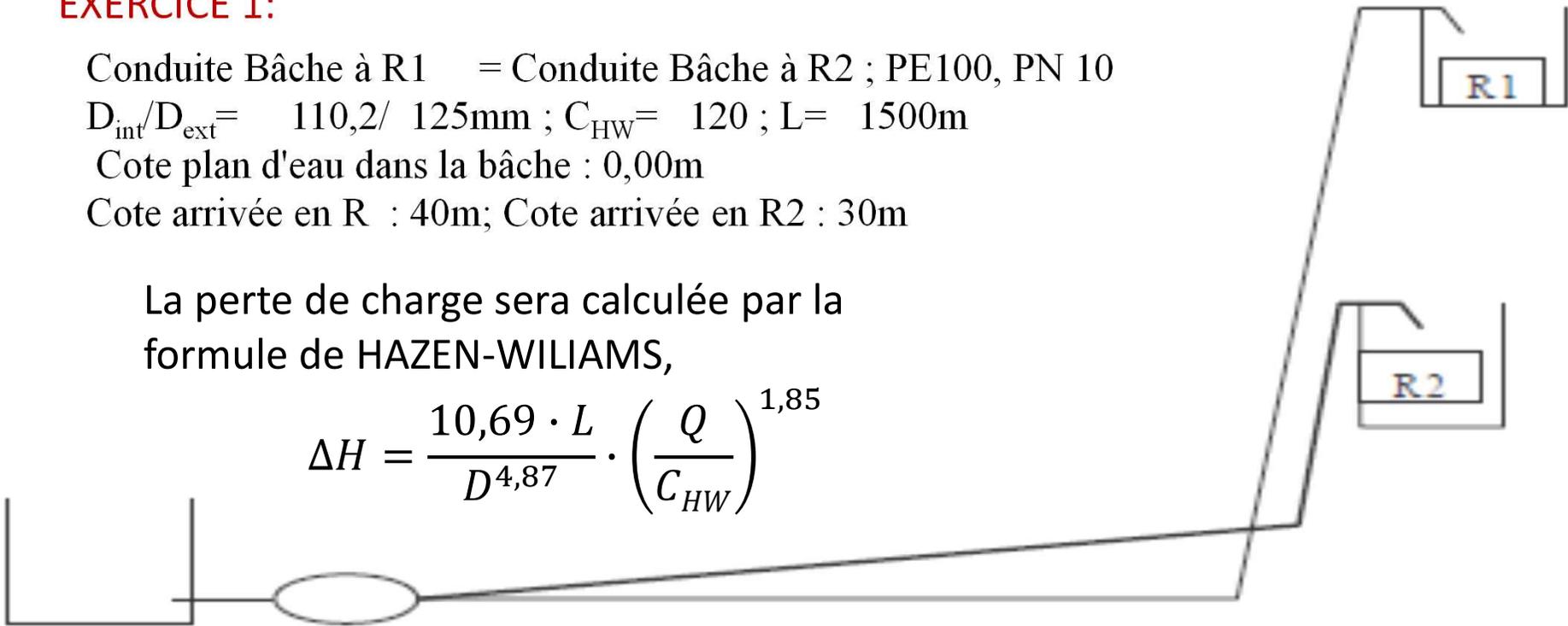
$D_{int}/D_{ext} = 110,2/125\text{mm}$; $C_{HW} = 120$; $L = 1500\text{m}$

Cote plan d'eau dans la bâche : 0,00m

Cote arrivée en R : 40m; Cote arrivée en R2 : 30m

La perte de charge sera calculée par la formule de HAZEN-WILIAMS,

$$\Delta H = \frac{10,69 \cdot L}{D^{4,87}} \cdot \left(\frac{Q}{C_{HW}} \right)^{1,85}$$



Donner la HMT pour le choix d'une pompe pour refouler $90,0\text{m}^3/\text{h}$;

Points caractéristiques des conduites de refoulement

Q(m ³ /h)	0	20	30	40	50	60	70	80	90
$\Delta H(\text{m})$	1,2	4,7	0,5	8,7	29,2	42,5	57,2	74,8	94,6

Points caractéristiques de la pompe retenue :

Q(m ³ /h)	0	20	40	60	80	00	20	40	
H(m)	75	74	73	72,5	68	63	55	4	

Déterminer le point de fonctionnement de l'installation (Q,H) et donner le débit qui arrive dans chacun des réservoirs.

EXERCICE 2:

<p>Cote plan d'eau en R1 = 502m DN asp = DN ref = 200 Longueur totale : 8345m (asp + ref)</p>	<p>Cote plan d'eau en R2 = 767m Conduite en fonte : Ks = 100 Les deux pompes sont identiques</p>				
Caractéristique de pompe					
HMT(m)	345	330	324	306	270
Q(l/s)	2,1	8	10	14	18,5
$\eta(\%)$	55	70	73,5	76	61,5



La perte de charge sera calculée par la formule de HAZEN-WILIAMS, $K_s = C_{HW}^{1,85}$

$$\Delta H = \frac{10,69 \cdot L}{D^{4,87}} \cdot \left(\frac{Q}{C_{HW}} \right)^{1,85}$$

EXERCICE 2:

Pour alimenter deux villes en eau, on réalise une station de pompage constituée de trois pompes centrifuge identiques montées en parallèle e(+1 de secours) qui tournent à 2800 tr /min, Le tableau ci-dessous résume ces caractéristiques hauteur- débit et rendement.

Q(m ³ /h)	0	20	40	60	80	100	120	140	160
H(m)	65.5	65	64.5	63.5	61	57.5	52.5	46	37.5
η (%)	-	-	29	48	62	70.5	74.5	70	59

Ces pompes sont utilisées pour alimenter deux réservoir par deux conduites en acier

- Déterminer de point de fonctionnement de l'installation et de chaque pompe ainsi que les débits de chaque conduite ?
- Quelle est la puissance consommée par chaque la pompe ?

