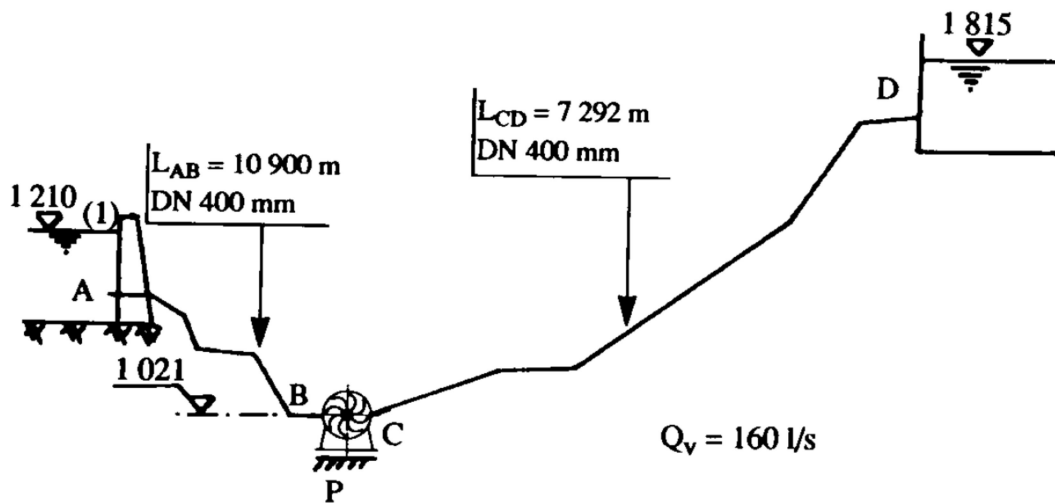


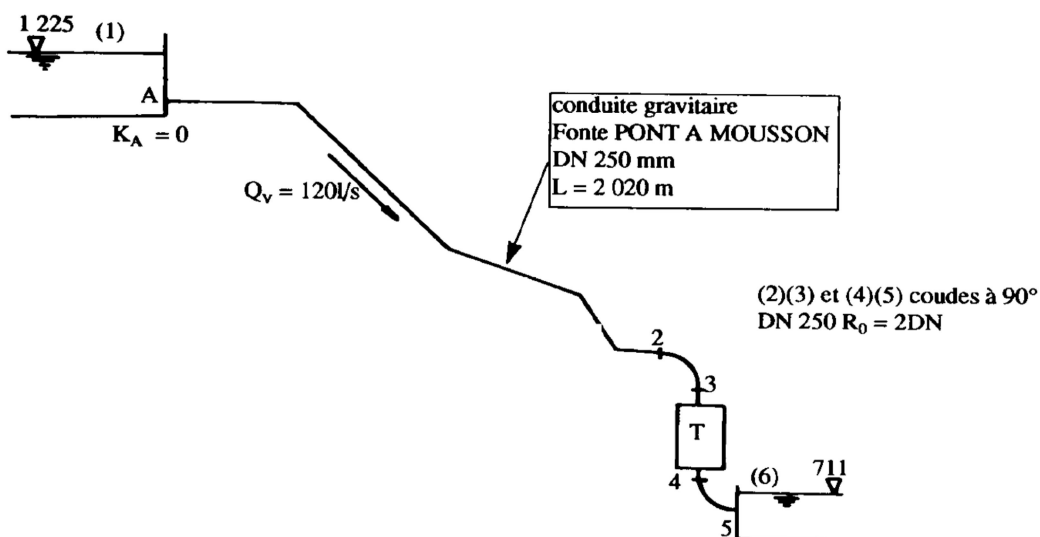


## EXERCICES (MACHINES HYDRAULIQUES) 1<sup>ère</sup> ANNÉE MASTER OH & HU

- 1- Soit le système hydraulique en bas. La fonte Pont à Mousson et la fonte Bonna ont une rugosité de  $\varepsilon = 0,1\text{mm}$   
Calculer la puissance que la pompe P doit fournir au fluide. Tracer la ligne piézométrique et la ligne de charge



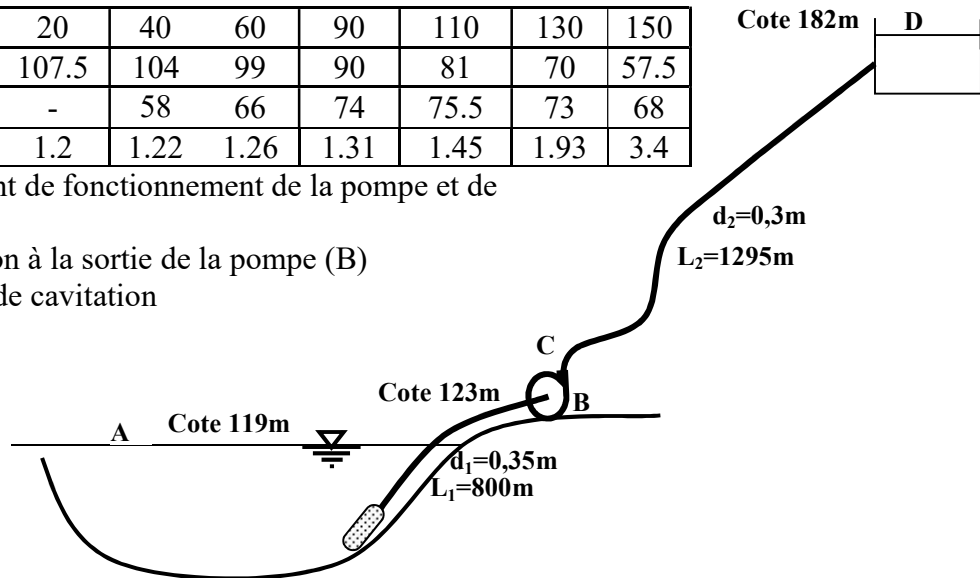
- 2- La fonte Pont à Mousson a une rugosité de  $\varepsilon = 0,1\text{mm}$ . Calculer la charge aux points 3 et 4.  
Déterminer l'énergie prélevée au fluide et la puissance électrique produite (rendement=0.81).  
Tracer la ligne piézométrique et la ligne de charge.



3- Une pompe centrifuge (BC) qui tourne à 1500 tr /min, Le tableau ci-dessous résume ses caractéristique hauteur- débit et rendement.

Q(l/s)	0	20	40	60	90	110	130	150
H(m)	110.5	107.5	104	99	90	81	70	57.5
$\eta(\%)$	-	-	58	66	74	75.5	73	68
NPSH	1.17	1.2	1.22	1.26	1.31	1.45	1.93	3.4

- Déterminer le point de fonctionnement de la pompe et de l'installation
- Calculer la pression à la sortie de la pompe (B)
- Vérifier le risque de cavitation

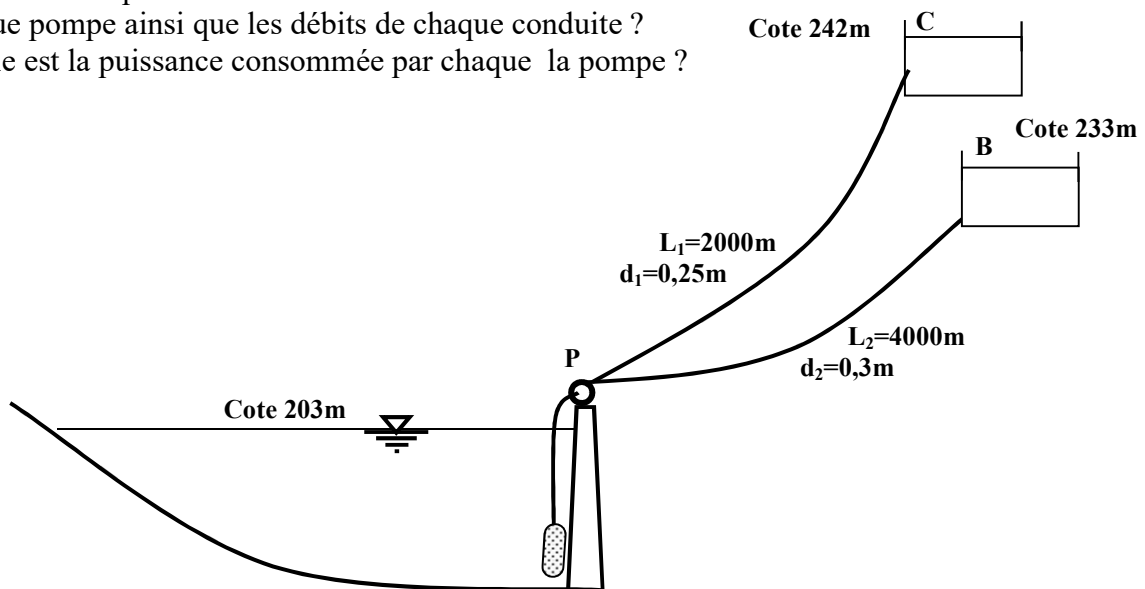


4- Pour alimenter deux villes en eau, on réalise une station de pompage constituée de trois pompes centrifuge identiques montées en parallèle (+1 de secours) qui tournent à 2800 tr /min, Le tableau ci-dessous résume ces caractéristiques hauteur- débit et rendement.

Q(m <sup>3</sup> /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
$\eta(\%)$	-	-	29	48	62	70.5	74.5	70	59

Ces pompes sont utilisées pour alimenter deux réservoirs 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 ?



Exercice N°01

Appliquant l'équation de Bernoulli entre (1) et (2)

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_p + \Delta H_{1,2}$$

$$z_1 = z_2 - h_p + \Delta H_{AB} + \Delta H_{CD}$$

$$\Rightarrow h_p = (z_2 - z_1) + \Delta H_{AB} + \Delta H_{CD}$$

$$\Rightarrow h_p = (z_2 - z_1) + \frac{\lambda L_{AB}}{D_1} \cdot \frac{V_{AB}^2}{2g} + \frac{\lambda L_{CD}}{D_2} \cdot \frac{V_{CD}^2}{2g}$$

ou à  $D_1 = D_2 = 0,4 \text{ m}$ ,  $z_2 - z_1 = 1015 - 1210 = 605 \text{ m}$ ,  $\lambda_1 = \lambda_2$

$$V_{AB} = V_{CD} = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 0,16}{3,14 \cdot 0,4^2} = \underline{\underline{1,27 \text{ m/s}}}$$

calcul de  $\lambda$ :

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{1,27 \cdot 0,4}{10^{-6}} = 0,51 \cdot 10^6 = 5,1 \cdot 10^5 \text{ R. turbulent}$$

$$\frac{e}{D} = \frac{0,1}{400} = \underline{\underline{0,00025}}$$

pour la détermination de  $\lambda$  on utilisera le diagramme de Moody ou la formule de Colebrook-White

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left[ \frac{e}{3,7D} + \frac{2,57}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right] \Rightarrow \lambda = \underline{\underline{0,016}} \text{ à déterminer par itération}$$

(2)

Exercice 2

$Q = 120 \text{ l/s} = 0,12 \text{ m}^3/\text{s}$  ,  $\phi = 25 \text{ mm}$  ,  $e = 0,1 \text{ mm}$

- la charge en 3

Eq. Bernoulli entre 1 et 3

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_3}{\rho g} + z_3 + \frac{v_3^2}{2g} + J_{1-3}$$

$$\boxed{\frac{P_3}{\rho g} = (z_1 - z_3) - \frac{v_3^2}{2g} - J_{13}} \quad \text{--- (1)}$$

$$v_3 = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,12}{3,14 \cdot 0,025^2} = \underline{\underline{2,44 \text{ m/s}}}$$

$\left\{ \begin{aligned} Re &= \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{2,44 \cdot 0,025}{10^{-6}} = 6,1 \cdot 10^5 \text{ turbulente} \xrightarrow{\text{Moody}} \lambda = 0,017 \\ \frac{e}{d} &= 0,0004 \end{aligned} \right.$

Colbrook donne  $\lambda = \underline{\underline{0,017}}$

Coef de perte de charge singuliere  $\xi_{coude} = 0,42 \cdot \left(\frac{d}{R_c}\right)^{0,5} =$

$R_c \cdot \text{rayon de courbure} = 2\phi = \underline{\underline{0,05 \text{ m}}}$

$\xi_{coude} = 0,37$

de (1) :  $\frac{P_3}{\rho g} = (z_1 - z_3) - \frac{v_3^2}{2g} - \frac{\lambda \cdot L}{d} \cdot \frac{v_3^2}{2g} - \xi_{coude} \cdot \frac{v_3^2}{2g}$

$$\frac{P_3}{\rho g} = (z_1 - z_3) - \left(1 - \frac{\lambda L}{d} - \xi_{coude}\right) \frac{v_3^2}{2g}$$

ⓐ

Energie prelevée au fluide

Eq. Bernoulli entre A et B.

$$\frac{P_1}{\rho g} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho g} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_T + J_{1,2}$$

$$h_T = (z_1 - z_2) + J_{1,2} = (z_1 - z_2) + J_{12} + J_{23} + J_{45}$$

$$h_T = (z_1 - z_2) + \left( \xi_c + \frac{\lambda L}{d} + \xi_c \right) \frac{V^2}{2g}$$

$$V = V_3 = V_4 = 2,44 \text{ m/s}$$

$$\xi_c = 0,37, \lambda = 0,017$$

$$h_T = (1225 - 711) - \left( 0,37 + \frac{0,017 \cdot 2020}{0,25} + 0,37 \right) \frac{2,44^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_T = 514 - 41,9 = \underline{\underline{472,09 \text{ mce}}}$$

$h_T$ : Energie nette prelevée

de puissance nette prelevée

$$P_{\text{net}} = P_T = \rho g h_T \cdot Q = 10^3 \cdot 9,81 \cdot 472,09 \cdot 0,12 = \underline{\underline{555,74 \text{ kW}}}$$

de puissance électrique =  ~~$P_{\text{el}} = P_{\text{net}} \cdot \eta$~~   $P_{\text{el}} = P_{\text{net}} \cdot \eta$

$$P_{\text{el}} = \frac{555,74}{0,81} = \underline{\underline{686,10 \text{ kW}}}$$

$$P_{\text{el}} = \underline{\underline{450,15 \text{ kW}}}$$

### Exercice 3 :

En utilisant le nomogramme pour la détermination des pertes de charge unitaire dans l'aspiration et de la conduite de refoulement,

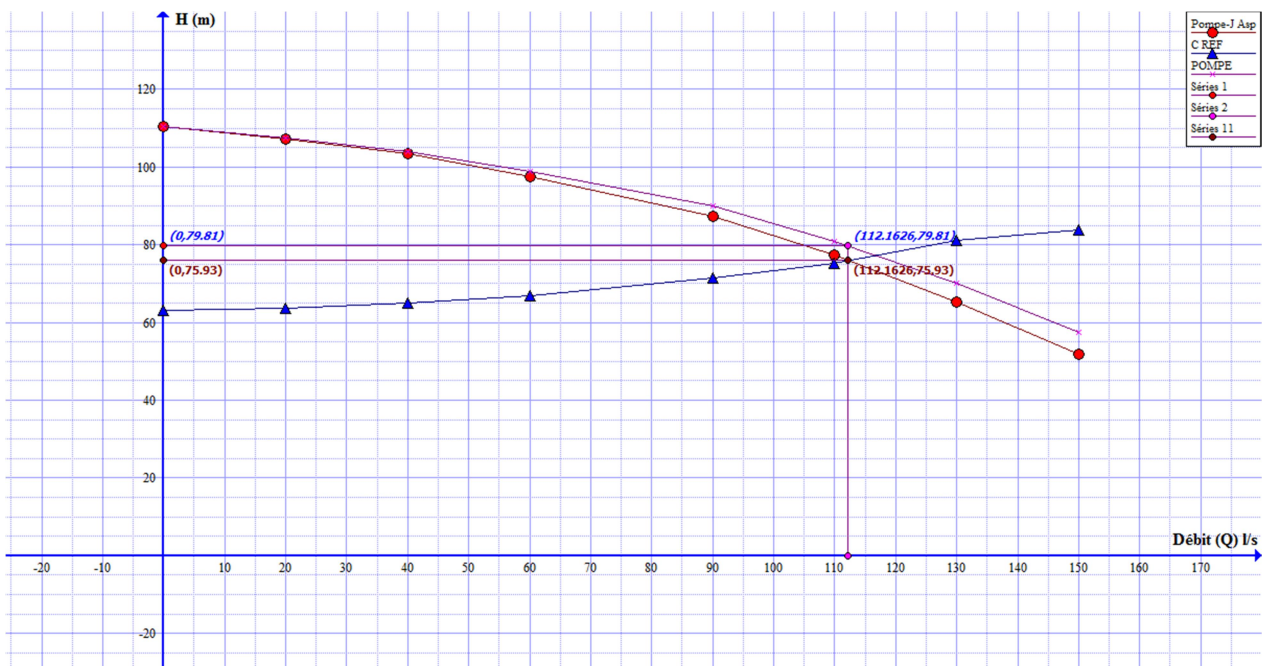
On arrive à déterminer (la caractéristique de la conduite de refoulement) et ( la caractéristique de la pompe – les pertes de charge dans l'aspiration)

Ainsi on arrive à avoir les résultats du tableau suivant

1	Q (l/s)	0	20	40	60	90	110	130	150
2	H (m)	110,5	107,5	104	99	90	81	70	57,5
3	$\eta$			58	66	74	75,5	73	68
4	$j_{asp}$	0	$3 \cdot 10^{-04}$	$8 \cdot 10^{-04}$	0,002	0,004	0,005	0,006	0,007
5=(4)*L <sub>asp</sub>	J <sub>asp</sub>	0	0,2	0,64	1,36	2,8	3,6	4,8	5,6
6	$j_{ref}$	0	$5 \cdot 10^{-04}$	0,002	0,003	0,007	0,01	0,014	0,016
7=(4)*L <sub>ref</sub>	J <sub>ref</sub>	0	0,648	2,072	3,885	8,418	12,3	18,13	20,72
8	Caractéristique Pompe- J <sub>asp</sub>	110,5	107,3	103,4	97,64	87,2	77,4	65,2	51,9
9	Caractéristique de la conduite de refoulement	63	63,65	65,07	66,89	71,42	75,3	81,13	83,72

Point de fonctionnement de l'installation (112.16l/s, 75.93m)

Point de fonctionnement de la pompe (112.16 l/s, 79.81m)



2- la pression à la sortie de la pompe :

Appliquant l'équation de Bernoulli entre B et D

$$\frac{P_B}{\rho g} + z_B + \frac{V_B^2}{2g} = \frac{P_D}{\rho g} + z_D + \frac{V_D^2}{2g} + J_{BD}$$

$$P_D = P_{atm} = 0 \text{ (pression relatif)}, \quad V_D \approx 0 \text{ (reservoir à grandes dimensions)}$$

$$\frac{P_B}{\rho g} = (z_D - z_B) + \frac{P_{atm}}{\rho g} + J_{BD} - \frac{V_B^2}{2g}$$

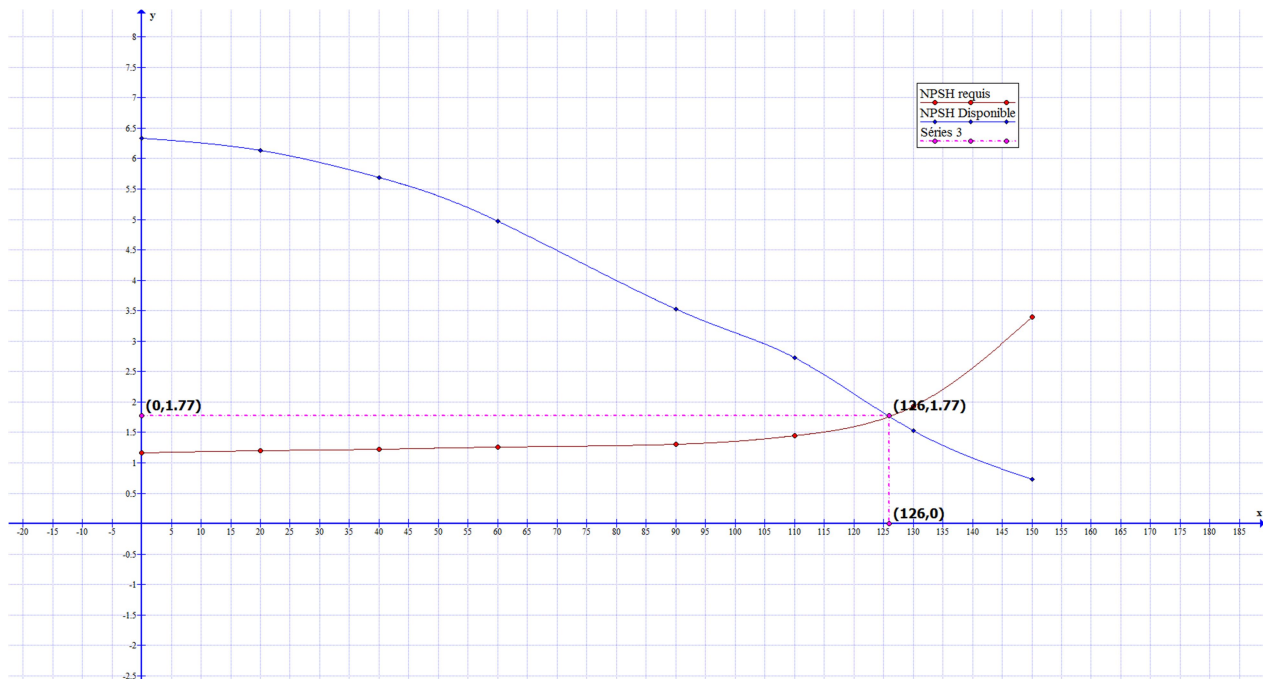
Le point de fonctionne pour un débit de 112.16l/s donc  $V_B = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = 1.59 \text{m/s}$

$j_{BD}$  (a partir du nomogramme) = **0.009m/m**

$$J_{BD} = 11.655 \text{mce}$$

$$\frac{P_B}{\rho g} = (182 - 123) + \frac{0}{\rho g} + 11.655 - \frac{1.59^2}{2 \cdot 9.81} = 70,52 \text{mce}$$

<b>NPSH Requis</b>	<b>NPSH</b>	1,17	1,2	1,22	1,26	1,31	1,45	1,93	3,4
<b>NPSH disponible</b>	<b>10,33- hasp- J asp</b>	6	5,8	5,36	4,64	3,2	2,4	1,2	0,4

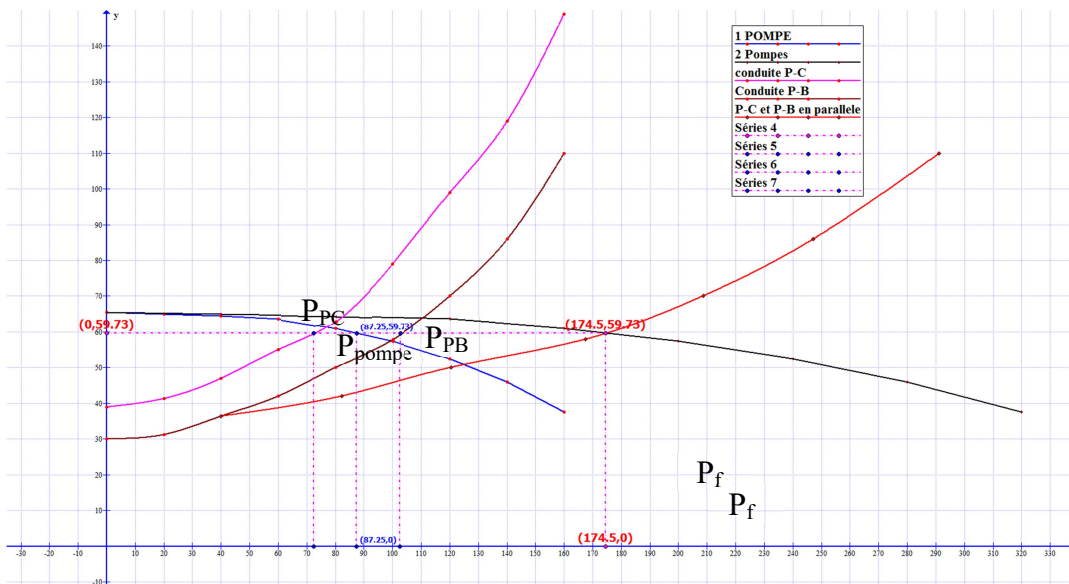


Le point de fonctionnement se trouve à gauche du point d'intersection du NPSH requis et NPSH disponible donc HPSH disponible est supérieur au NPSH requis donc pas de risque de cavitations dans cette installation.

### Exercice 4 :

Q(m <sup>3</sup> /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
j (P-C) « m/m »	0	0,0012	0,004	0,008	0,012	0,02	0,03	0,04	0,055
J P-C « m »	0	2,4	8	16	24	40	60	80	110
Car P-C « m »	39	41,4	47	55	63	79	99	119	149
j (P-B) « m/m »	0	0,0003	0,0016	0,003	0,005	0,007	0,01	0,014	0,02
J P-B « m »	0	1,2	6,4	12	20	28	40	56	80
Car P-B « m »	30	31,2	36,4	42	50	58	70	86	110

En déterminant les pertes de charge unitaires pour chaque conduite à partir du nomogramme on déduit les pertes de charge linéaires de chaque conduite et enfin on trace sur le même graphique la caractéristique d'une pompe, celle de deux pompes en parallèle, la caractéristique de la conduite P-B, celle de P-C et en fin la caractéristique de la conduite équivalente à P-B et P-C en parallèle. On trouve le graphique suivant :



Du graphique on déduit :

Le point de fonctionnement de l'installation  $P_f$  est ( $Q=174.5\text{m}^3/\text{h}$ ,  $H= 59.73\text{mce}$ )

Chaque pompe délivrera  $Q_1=Q_2= 87.25\text{m}^3/\text{h}$

Le débit des conduites

$Q(p-C)=72.55 \text{ m}^3/\text{h}$

$Q(P-B)= 102.52 \text{ m}^3/\text{h}$

la puissance consommée par chaque la pompe

$$P_{pompe} = \rho g H Q$$

H étant la HMT de la pompe, dans notre cas les pompe sont identique est  $H= 59.73\text{mce}$  et  $Q=87.25 \text{ m}^3/\text{h}=0.024 \text{ m}^3/\text{s}$

Donc

$$P_{pompe} = 10^3 \cdot 9.81 \cdot 59.73 \cdot 0.024 = 14.20 \text{ Kw}$$