PRÉPARÉ PAR

RACHID RHIOUI

HICHAM MOUJANI

REDOUANE IBN ELHAKIM

OMAR ELHAMDAOUI

TP MÉCANIQUE DES FLUIDES N°2 : PERTES DE CHARGE

I- *But du TP :*

Mettre en évidence le phénomène de pertes de charge ainsi bien que régulières que singulières et déterminer les différents régimes d'écoulements.

II- *Dispositif expérimentale :*

GROUPE : 4

C'est un circuit hydraulique comportant plusieurs conduites cylindriques dont une rugueuse et une autre lisse, en plus des jonctions et des vannes qui permettent d'étudier les pertes de charge singulières (élargissement et rétrécissement brusque ,coude 90°, coude 130°, …), et des débitmètres : diaphragme, venturi et tube de pilot.

III- *Définition des pertes de charge* :

Lorsque l'on est en présence de frottements, le théorème de Bernoulli ne s'applique plus et la charge n'est plus constante. On parle alors de perte de charge.

On utilise dans ce cas le théorème de Bernoulli généralisé, qui s'écrit :

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{{U_1}^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{{U_2}^2}{2g} + z_2 + \Delta H$$

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{{U_1}^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{{U_2}^2}{2g} + z_2 + \Delta H$$

Dans le cas d'un fluide incompressible dans une canalisation fixe, ρ est une constante, et le débit est une constante. Si la section de la conduite est constante, alors, la vitesse est également constante. L'altitude z étant imposée par l'installation de la canalisation, on voit que la perte de charge se traduit par une diminution de pression. Une relation plus générale s'écrira :

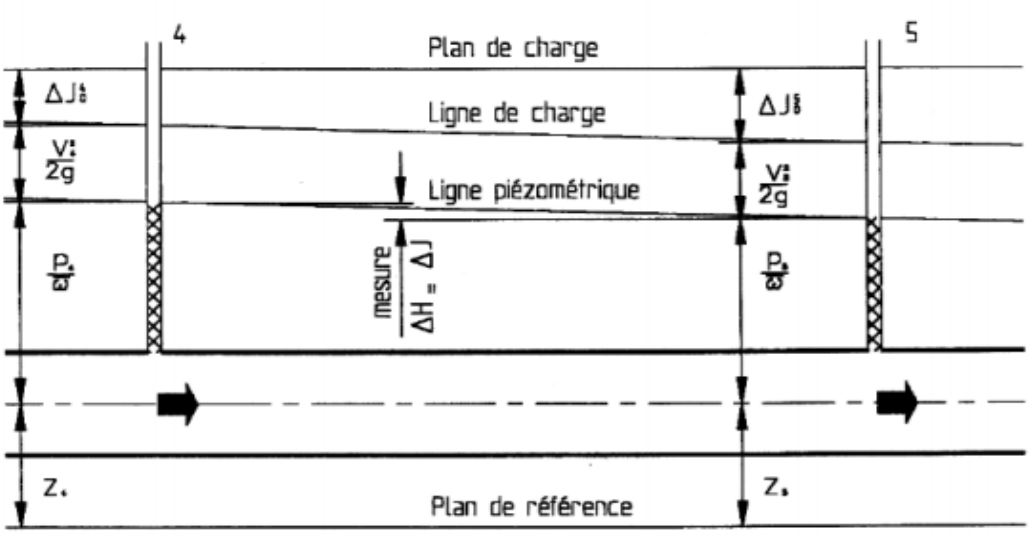
$$\frac{p_1}{\rho g}+\frac{U_1^2}{2g}+z_1=\frac{p_2}{\rho g}+\frac{U_2^2}{2g}+z_2+\frac{\Delta P}{\rho g}$$

IV- ***Mesure et exploitation des résultats :***

1. Pertes de charge régulières :

L'équation de continuité exprimant la constante du débit, a la forme :

$Q_v = S_4\ U_4 = S_5\ U_5 = S_6\ U_6 = S_{18}\ U_{18} = S_{19}\ U_{19}$.



On constate la présence des pertes de charge causé par la nature et la longueur de la conduite, aussi on constate que $\Delta J = \Delta H \quad \Delta J = \Delta H$, et cela est du a la conservation du diamètre dans la conduite entre les entrées et les sorties ce qui entraine $\frac{U^2_{Entrée}}{2g} = \frac{U^2_{Sortie}}{2g}. \frac{U^2_{Entrée}}{2g} = \frac{U^2_{Sortie}}{2g}.$

Pour un fluide parfait $\Delta J^{Sortie}_{Entrée} = 0\ \Delta J^{Sortie}_{Entrée} = 0$, donc la différence $\frac{p_E}{\rho g} - \frac{p_S}{\rho g}: \frac{p_E}{\rho g} - \frac{p_S}{\rho g}:$

$$\frac{p_{Entrée}}{\rho g} - \frac{p_{Sortie}}{\rho g} = \frac{U^2_{Sortie}}{2g} - \frac{U^2_{Entrée}}{2g} \quad \frac{p_{Entrée}}{\rho g} - \frac{p_{Sortie}}{\rho g} = \frac{U^2_{Sortie}}{2g} - \frac{U^2_{Entrée}}{2g}.$$

Et pour un fluide réel : $\frac{p_{Entrée}}{\rho g} - \frac{p_{Sortie}}{\rho g} = \frac{U^2_{Sortie}}{2g} - \frac{U^2_{Entrée}}{2g} + \Delta J^{Sotie}_{Entrée}$

$$\frac{p_{Entrée}}{\rho g} - \frac{p_{Sortie}}{\rho g} = \frac{U^2_{Sortie}}{2g} - \frac{U^2_{Entrée}}{2g} + \Delta J^{Sotie}_{Entrée}.$$

L'eau étant un fluide réel, déterminer pour le banc de dynamique des fluides z = C^{ste} ($z_4 = z_5$, $z_5 = z_6$, $z_4 = z_6$, $z_{18} = z_{19}$) la perte de charge $\Delta J^{Sotie}_{Entrée}\ \Delta J^{Sotie}_{Entrée}$ ($\Delta J^5_4,\ \Delta J^6_5,\ \Delta J^6_4,\ \Delta J^{18}_{19}\ \Delta J^5_4,\ \Delta J^6_5,\ \Delta J^6_4,\ \Delta J^{18}_{19}$) en fonction de $U_{Entrée}$, $p_{Entrée}$ et U_{Sortie}, pS_{ortie} (U_4 , p_4 , U_5 , p_5 et U_5 , p_5 , U_6 , p_6 et U_4 , p_4, U_6 , p_6 et U_{18} , p_{18} , U_{19} , p_{19}).

TP Mécanique des Fluides N°2 : Pertes de charge

$$\Delta J^{Sotie}_{Entrée} = \frac{p_E}{\rho g} - \frac{p_S}{\rho g} + \frac{U_E^2}{2g} - \frac{U_S^2}{2g} = \frac{p_E}{\rho g} - \frac{p_S}{\rho g} = H_{Entrée} - H_{Sortie}$$

$$\Delta J^{Sotie}_{Entrée} = \Delta H^{Sortie}_{Entrée} \; \Delta J^{Sotie}_{Entrée} = \Delta H^{Sortie}_{Entrée}.$$

❖ <u>Remplissage des tableaux.</u>

✔ Pour la conduite rugueuse :

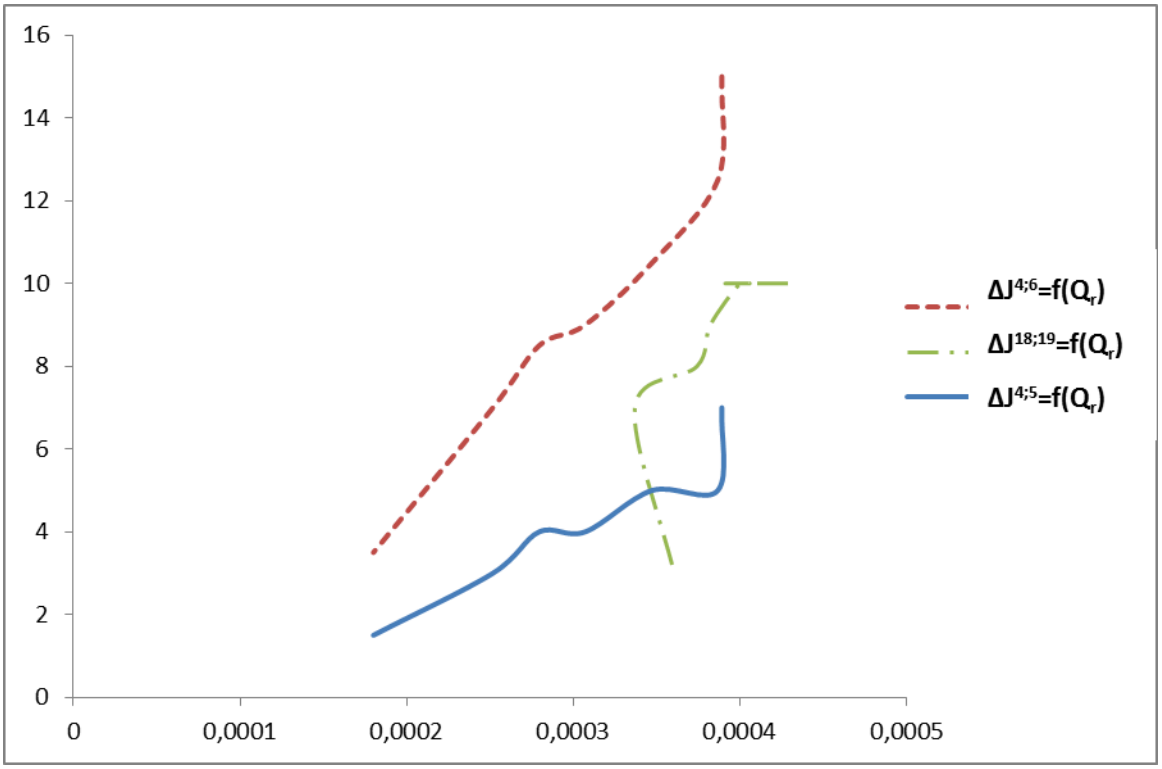
Mesures			Mesures					
			Conduite rugueuse					
Banc d'alimentation en eau			0,33 m			0,66 m		1 m
V(l)	T (s)	Q_v (m^3/s)	H_4 (m)	H_5 (m)	ΔH_4^5 ΔH_4^5 (m)	H_6 (m)	ΔH_5^6 ΔH_5^6 (m)	ΔH_4^6 ΔH_4^6 (m)
5	12,85	0,00038911	0,9	0,83	0,07	0,75	0,08	0,07
5	12,93	0,0003867	0,8	0,75	0,05	0,675	0,075	0,05
5	14,4	0,00034722	0,7	0,65	0,05	0,595	0,055	0,05
5	16,28	0,00030713	0,6	0,56	0,04	0,51	0,05	0,04
5	17,89	0,00027949	0,5	0,46	0,04	0,415	0,045	0,04
5	19,86	0,00025176	0,4	0,37	0,03	0,33	0,04	0,03
5	27,78	0,00017999	0,3	0,285	0,015	0,265	0,02	0,015

✔ Pour la conduite lisse :

Mesures			Mesures		
			Conduite lisse		
Banc d'alimentation en eau			1 m		
ΔV(l)	ΔT (s)	Q_v (m^3/s)	H_{18} (m)	H_{19} (m)	ΔH_{18}^{19} ΔH_{18}^{19} (m)
5	11,66	0,00042882	0,1	0	0,1
5	11,77	0,00042481	0,2	0,1	0,1
5	12,77	0,00039154	0,3	0,2	0,1
5	12,32	0,00040584	0,4	0,3	0,1
5	12,5	0,0004	0,5	0,4	0,1
5	13,08	0,00038226	0,6	0,51	0,09
5	13,36	0,00037425	0,7	0,62	0,08
5	14,84	0,00033693	0,8	0,73	0,07
5	13,87	0,00036049	0,9	0,87	0,03

❖ Traçage des courbes $\Delta J_4^5 = f(Q_v),\ \Delta J_5^6 = f(Q_v),\ \Delta J_4^6 = f(Q_v),\ \Delta J_{19}^{18} = f(Q_v)$:

$\Delta J_4^5 = f(Q_v),\ \Delta J_5^6 = f(Q_v),\ \Delta J_4^6 = f(Q_v),\ \Delta J_{19}^{18} = f(Q_v)$:



❖ Commenter les résultats.

On constate depuis la courbe que les pertes de charge évoluent presque linéairement en fonction du débit.

❖ Conclusion :

D'après la comparaison entre les graphes pour les conduites rugueuse, on conclue que les pertes de charges augmentent avec l'augmentation de la longueur des conduites (pertes de charge de la conduite rugueuse de longueur 1m est plus grandes que celle de la conduite rugueuse de longueur 0.66m ou de 0.33m.

Aussi, en comparant les graphes de la conduite rugueuse (1 m) et de la conduite lisse (1 m), on constate que les pertes de charge au niveau de la conduite rugueuse sont plus importantes que celle au niveau de la conduite lisse.

2. Pertes de charge singulières :

2-1 Variation brusque de section :

 Elargissement brusque : (D_9 = 21.2 mm, D_{13} = 42.5 mm)

L'équation de continuité exprimant la constante du débit, a la forme :

$Q_v = S_9\ U_9 = S_{13}\ U_{13} = S_{14}\ U_{14}$.

Appliquons la forme (b) de l'équation de Bernoulli entre les prises de pression 9 et 13 :

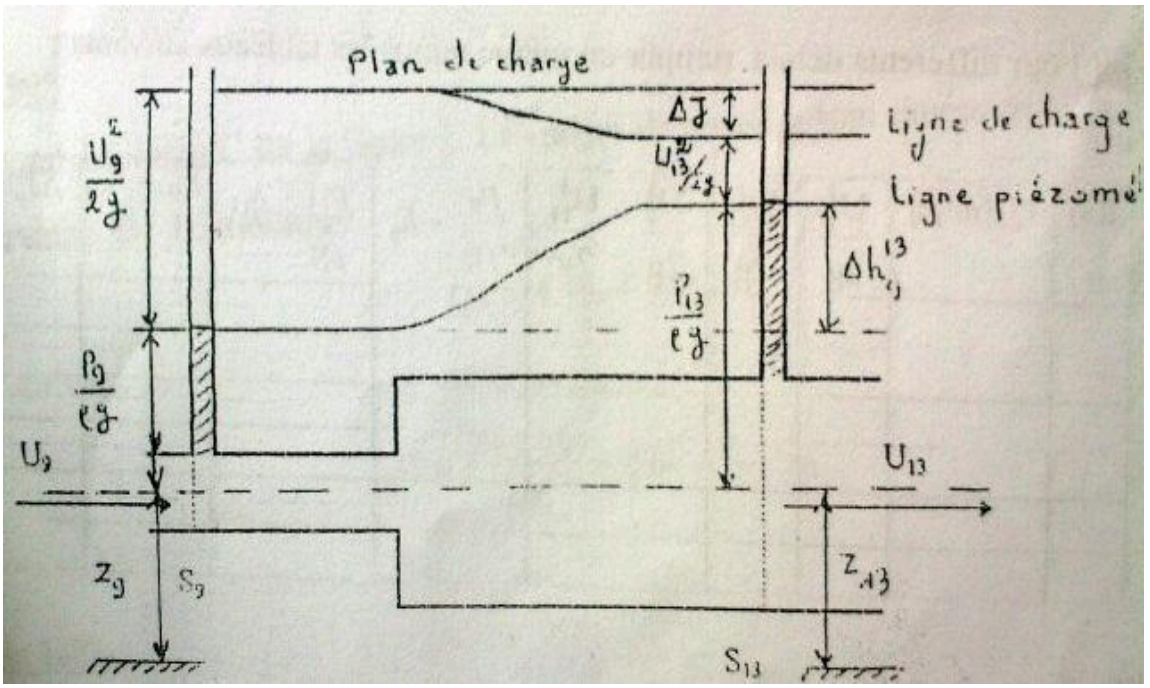
TP Mécanique des Fluides N°2 : Pertes de charge

$$\frac{U_9^2}{2g}+\frac{p_9}{\rho g}+z_9=\frac{U_{13}^2}{2g}+\frac{p_{13}}{\rho g}+z_{13}\ \frac{U_9^2}{2g}+\frac{p_9}{\rho g}+z_9=\frac{U_{13}^2}{2g}+\frac{p_{13}}{\rho g}+z_{13}$$

En réalité l'eau n'est pas un fluide parfait et il existe des pertes d'énergie dues au frottement des particules fluides entre elles et sur les parois. Soit $\Delta J_{12}^{13}\ \Delta J_{12}^{13}$ cette perte d'énergie ou de charge exprimée en hauteur d'eau, alors :

$$\frac{U_9^2}{2g}+\frac{p_9}{\rho g}+z_9=\frac{U_{13}^2}{2g}+\frac{p_{13}}{\rho g}+z_{13}+\Delta J_9^{13}\ \frac{U_9^2}{2g}+\frac{p_9}{\rho g}+z_9=\frac{U_{13}^2}{2g}+\frac{p_{13}}{\rho g}+z_{13}+\Delta J_9^{13}$$

Le schéma suivant donne une interprétation de la situation :



On constate une différence au niveau de la ligne de charge (perte de charge) entre l'entrée 9 et la sortie 13 de l'élargissement brusque.

Pour un fluide réel, il existe une perte de l'énergie mécanique, donc l'équation de Bernoulli appliquée à ce fluide présente un terme (une perte de charge $\Delta J_9^{13}\ \Delta J_9^{13}$) qui comble la perte d'énergie mécanique:

$$\frac{U_9^2}{2g}+\frac{p_9}{\rho g}+z_9=\frac{U_{13}^2}{2g}+\frac{p_{13}}{\rho g}+z_{13}+\Delta J_9^{13}$$

Pour un fluide parfait $\Delta J_9^{13}=0\ \Delta J_9^{13}=0$, et donc $\frac{p_9}{\rho g}-\frac{p_{13}}{\rho g}=\frac{U_{13}^2}{2g}-\frac{U_9^2}{2g}\ \frac{p_9}{\rho g}-\frac{p_{13}}{\rho g}=\frac{U_{13}^2}{2g}-\frac{U_9^2}{2g}$.

Et pour un fluide réel : $\frac{p_9}{\rho g}-\frac{p_{13}}{\rho g}=\frac{U_{13}^2}{2g}-\frac{U_9^2}{2g}+\Delta J_9^{13}\ \frac{p_9}{\rho g}-\frac{p_{13}}{\rho g}=\frac{U_{13}^2}{2g}-\frac{U_9^2}{2g}+\Delta J_9^{13}$.

L'eau étant un fluide réel, déterminer pour le banc de dynamique des fluides $z_9 = z_{13}$, la perte de charge $\Delta J_{12}^{13}\ \Delta J_{12}^{13}$ en fonction de U_9 , p_9 , U_{13} , p_{13} .

$$\Delta J_9^{13} = \frac{p_9}{\rho g} - \frac{p_{13}}{\rho g} + \frac{U_9^2}{2g} - \frac{U_{13}^2}{2g} = \Delta h_9^{13} + \frac{U_9^2 - U_{13}^2}{2g}$$

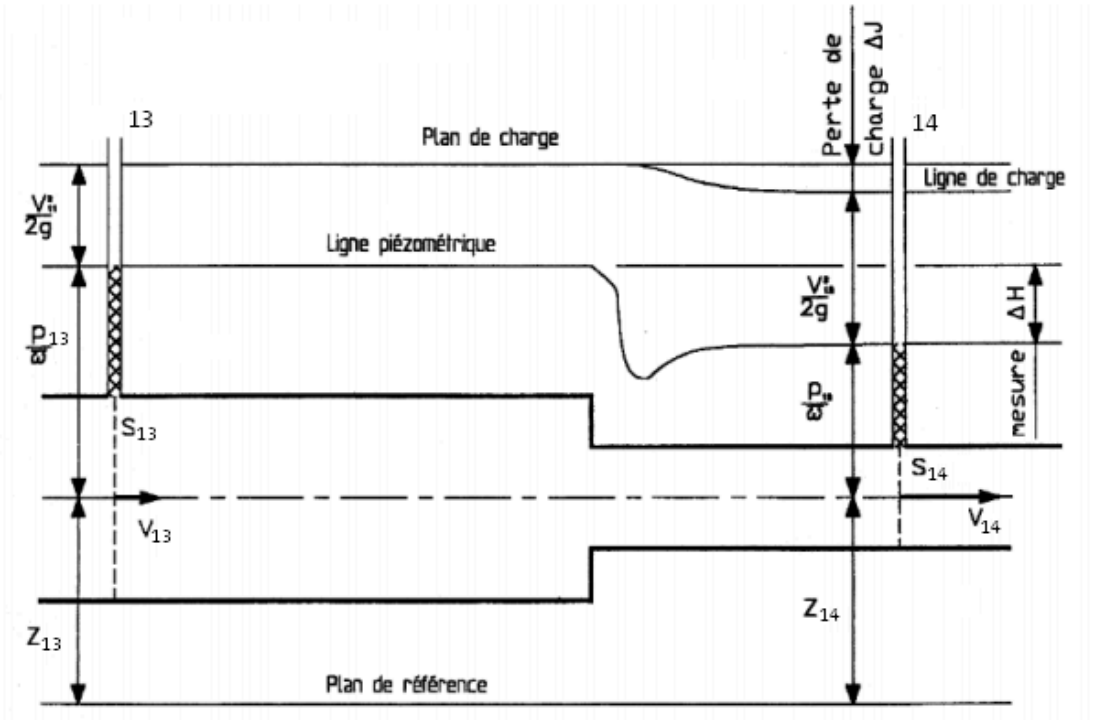
$$\Delta J_9^{13} = \frac{p_9}{\rho g} - \frac{p_{13}}{\rho g} + \frac{U_9^2}{2g} - \frac{U_{13}^2}{2g} = \Delta h_9^{13} + \frac{U_9^2 - U_{13}^2}{2g}$$

.

- *Rétrécissement brusque : (D_{13} = 42.5 mm, D_{14} = 21.2 mm)*

Les relations trouvée pour l'élargissement brusque sont toujours valables, notamment, l'équation donnant la perte de charge.

Le schéma suivant donne une interprétation de la situation :



On constate une différence au niveau de la ligne de charge (perte de charge) entre l'entrée 13 et la sortie 14 du rétrécissement brusque.

Comme le cas précédent on montre que :

$$\Delta J_{13}^{14} = \frac{p_{13}}{\rho g} - \frac{p_{14}}{\rho g} + \frac{U_{13}^2}{2g} - \frac{U_{14}^2}{2g} = \Delta h_{13}^{14} + \frac{U_{13}^2 - U_{14}^2}{2g} \quad \Delta J_{13}^{14} = \frac{p_{13}}{\rho g} - \frac{p_{14}}{\rho g} + \frac{U_{13}^2}{2g} - \frac{U_{14}^2}{2g} = \Delta h_{13}^{14} + \frac{U_{13}^2 - U_{14}^2}{2g}$$

.

❖ Remplissage des tableaux.

Mesures			Calculs			Mesures			Calculs
Banc d'alimentation en eau									
ΔV(l)	ΔT (s)	Qv (m3/s)	$\frac{U_9^2}{2g}$	$\frac{U_{13}^2}{2g}$	$\frac{U_9^2}{2g} - \frac{U_{13}^2}{2g}$	h_9 (m)	h_{13} (m)	$h_9 - h_{13}$ (m)	ΔJ_9^{13} (m)
5	12,85	0,00038911	0,06199433	0,00383831	0,05815603	0,525	0,53	-0,005	0,11131205
5	12,93	0,0003867	0,06122957	0,00379096	0,05743861	0,465	0,47	-0,005	0,10987722
5	14,4	0,00034722	0,04936661	0,00305648	0,04631013	0,41	0,42	-0,01	0,08262026
5	16,28	0,00030713	0,03862331	0,00239132	0,03623199	0,35	0,36	-0,01	0,06246398

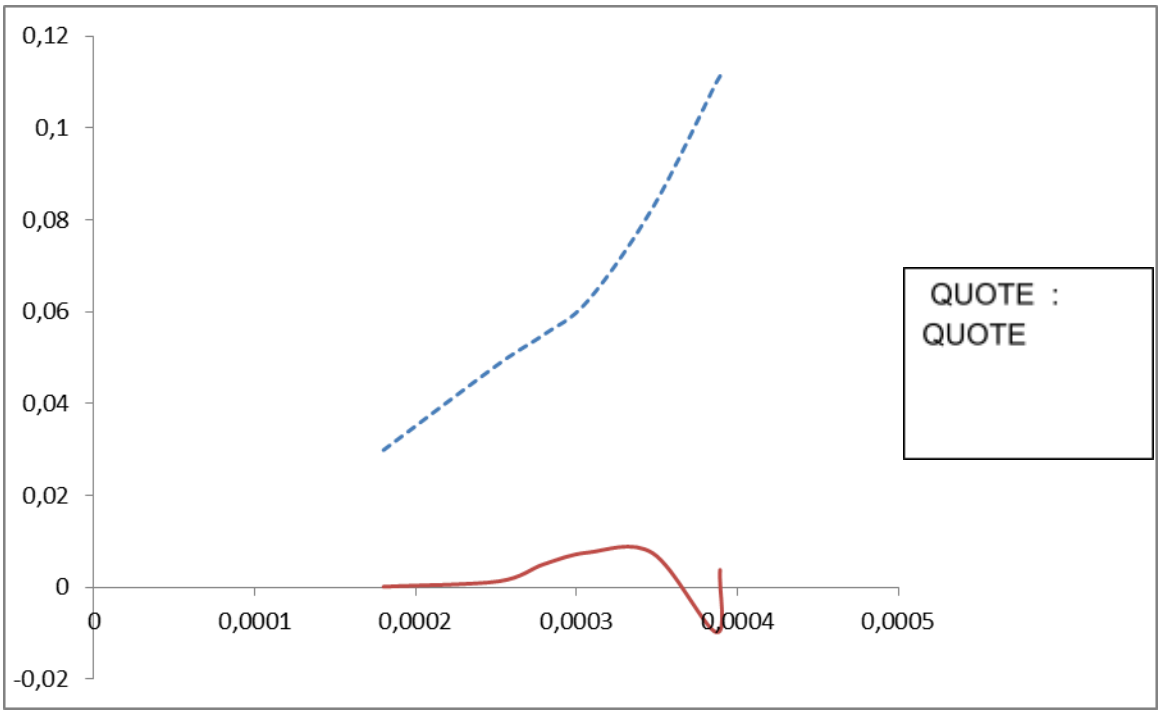
5	17,89	0,00027949	0,03198435	0,00198027	0,03000408	0,285	0,29	-0,005	0,05500816
5	19,86	0,00025176	0,02595373	0,00160689	0,02434683	0,23	0,23	0	0,04869367
5	27,78	0,00017999	0,01326459	0,00082126	0,01244333	0,205	0,2	0,005	0,02988665

✔ Tableau 1 :

✔ Tableau 2 :

Mesures Banc d'alimentation en eau			Calculs			Mesures			Calculs
ΔV(l)	ΔT (s)	Q_v (m^3/s)	$\frac{U_{13}^2}{2g}$	$\frac{U_{14}^2}{2g}$	$\frac{U_{13}^2}{2g} - \frac{U_{14}^2}{2g}$	h_{13} (m)	h_{14} (m)	$h_{13} - h_{14}$ (m)	ΔJ_{13}^{14} (m)
5	12,85	0,00038911	0,00383442	0,06193149	-0,05809708	0,53	0,41	0,12	0,00380585
5	12,93	0,0003867	0,00378711	0,0611675	-0,05738039	0,47	0,365	0,105	-0,00976078
5	14,4	0,00034722	0,00305338	0,04931656	-0,04626319	0,42	0,32	0,1	0,00747363
5	16,28	0,00030713	0,00238889	0,03858416	-0,03619526	0,36	0,28	0,08	0,00760948
5	17,89	0,00027949	0,00197827	0,03195193	-0,02997366	0,29	0,225	0,065	0,00505267
5	19,86	0,00025176	0,00160527	0,02592742	-0,02432215	0,23	0,18	0,05	0,00135569
5	27,78	0,00017999	0,00082043	0,01325114	-0,01243071	0,2	0,175	0,025	0,00013857

❖ <u>Traçage des courbes</u> $\Delta J_9^{13} = f(Q_v)$ $\Delta J_9^{13} = f(Q_v)$, et $\Delta J_{13}^{14} = f(Q_v)$: $\Delta J_{13}^{14} = f(Q_v)$:



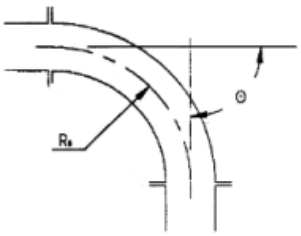
❖ <u>Commentaire des résultats</u>.

✔ Elargissement brusque : On constate depuis la courbe $\Delta J_9^{13} = f(Q_v)$ $\Delta J_9^{13} = f(Q_v)$ que les pertes de charge entre la section 9 et 13évoluent presque linéairement en fonction du débit.

TP Mécanique des Fluides N°2 : Pertes de charge

✔ Rétrécissement brusque : On constate depuis la courbe que les pertes de charge évoluent presque linéairement en fonction du débit.

2-2 Changement de direction :



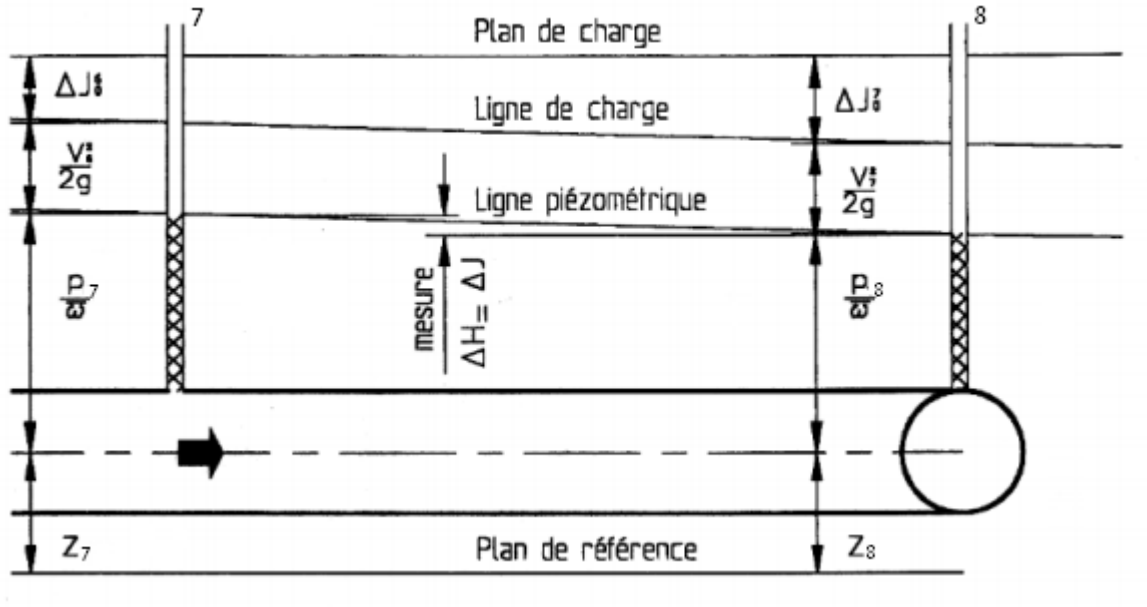
L'équation de continuité exprimant la constante du débit, a la forme :

$Q_v = S_7\ U_7 = S_8\ U_8 = S_{10}\ U_{10} = S_{11}\ U_{11}$

- *Coude 90° :*

Les relations trouvée pour les variations brusques de section sont toujours valables, notamment, l'équation donnant la perte de charge.

Le schéma suivant donne une interprétation de la situation :



On constate la présence des pertes de charge causé par le coude, aussi on constate que $\Delta J_7^8 = \Delta H_7^8$ $\Delta J_7^8 = \Delta H_7^8$, et cela est du a la conservation du diamètre dans la conduite entre l'entrée 7 et la sortie 8 ce qui entraine $\frac{U_7^2}{2g} = \frac{U_8^2}{2g}. \frac{U_7^2}{2g} = \frac{U_8^2}{2g}.$

Pour un fluide parfait $\Delta J_7^8 = 0\ \Delta J_7^8 = 0$, donc $\frac{p_7}{\rho g} - \frac{p_8}{\rho g} = \frac{U_8^2}{2g} - \frac{U_7^2}{2g} \frac{p_7}{\rho g} - \frac{p_8}{\rho g} = \frac{U_8^2}{2g} - \frac{U_7^2}{2g}.$

Et pour un fluide réel, la différence $\frac{p_7}{\rho g} - \frac{p_8}{\rho g} : \frac{p_7}{\rho g} - \frac{p_8}{\rho g} :$

$\frac{p_7}{\rho g} - \frac{p_8}{\rho g} = \frac{U_8^2}{2g} - \frac{U_7^2}{2g} + \Delta J_7^8$ $\frac{p_7}{\rho g} - \frac{p_8}{\rho g} = \frac{U_8^2}{2g} - \frac{U_7^2}{2g} + \Delta J_7^8$.

L'eau étant un fluide réel, déterminer pour le banc de dynamique des fluides $z_7 = z_8$, la perte de charge ΔJ_8^7 ΔJ_8^7 en fonction de U_7 , p_7 , U_8 , p_8 .

$$\Delta J_7^8 = \frac{p_7}{\rho g} - \frac{p_8}{\rho g} + \frac{U_7^2}{2g} - \frac{U_8^2}{2g} = \frac{p_7}{\rho g} - \frac{p_8}{\rho g} = H_7 - H_8$$

$\Delta J_7^8 = \Delta H_7^8$ $\Delta J_7^8 = \Delta H_7^8$.

- *Coude 130° :*

Comme le coude 90° on montre $\Delta J_{10}^{11} = \Delta H_{10}^{11}$ $\Delta J_{10}^{11} = \Delta H_{10}^{11}$

- Remplissage des tableaux :

TP Mécanique des Fluides N°2 : Pertes de charge

Mesures			Coude 90°		
Banc d'alimentation en eau			Mesures		Calculs
ΔV(l)	ΔT (s)	Qv (m3/s)	$\frac{p_7}{\rho g} = H_7$ $\frac{p_7}{\rho g} = H_7$ (m)	$\frac{p_8}{\rho g} = H_8$ $\frac{p_8}{\rho g} = H_8$ (m)	$\Delta J_7^8 \Delta J_7^8$ (m)
5	12,85	0,00038911	0,685	0,58	0,105
5	12,93	0,0003867	0,61	0,515	0,095
5	14,4	0,00034722	0,54	0,455	0,085
5	16,28	0,00030713	0,46	0,39	0,07
5	17,89	0,00027949	0,38	0,32	0,06
5	19,86	0,00025176	0,3	0,255	0,045
5	27,78	0,00017999	0,24	0,22	0,02

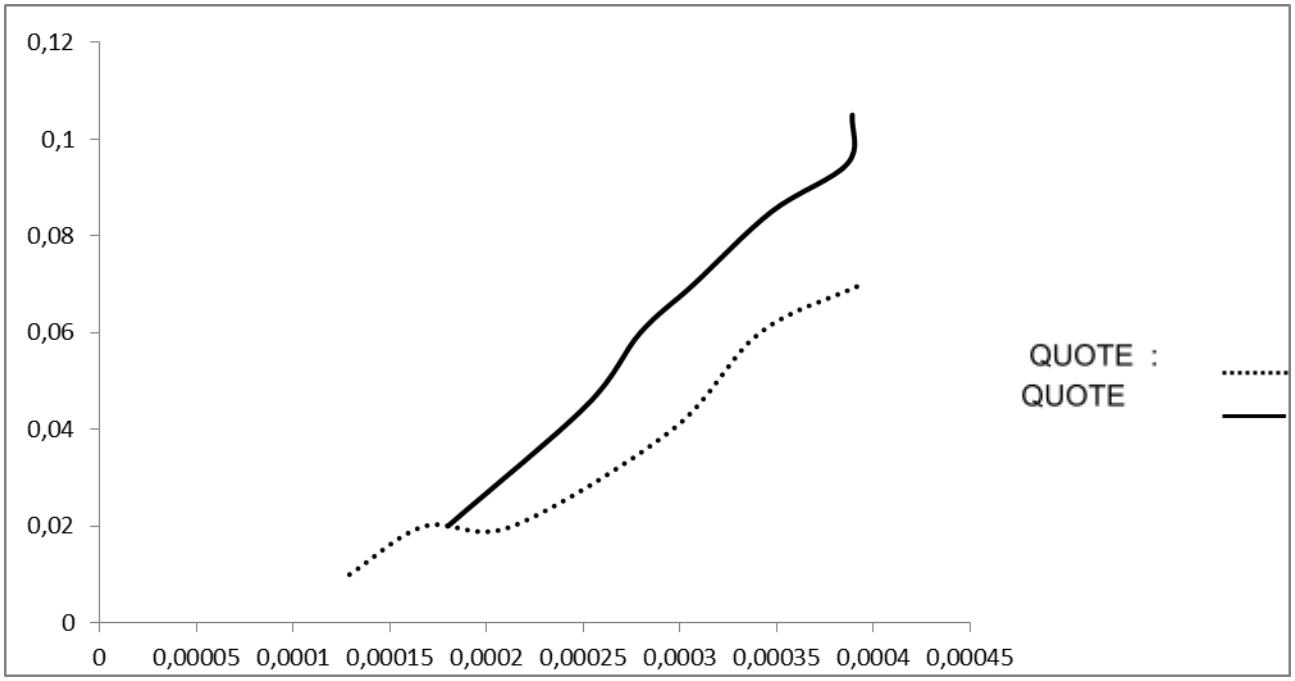
✔ Tableau 1 :

✔ Tableau 2 :

Mesures			Coude 130°		
Banc d'alimentation en eau			Mesures		Calculs
ΔV(l)	ΔT (s)	Qv (m3/s)	$\frac{p_{10}}{\rho g} = H_{10}$ $\frac{p_{10}}{\rho g} = H_{10}$ (m)	$\frac{p_{11}}{\rho g} = H_{11}$ $\frac{p_{11}}{\rho g} = H_{11}$ (m)	ΔJ_{10}^{11} ΔJ_{10}^{11} (m)
5	38,71	0,00012917	0,1	0,09	0,01
5	29,78	0,0001679	0,2	0,18	0,02
5	23,42	0,00021349	0,3	0,28	0,02
5	16,88	0,00029621	0,4	0,36	0,04
5	14,65	0,0003413	0,5	0,44	0,06
5	12,69	0,00039401	0,6	0,53	0,07

TP Mécanique des Fluides N°2 : Pertes de charge

❖ <u>Traçage des courbes</u> ΔJ_7^8 et ΔJ_{10}^{11} en fonction de Q_v ΔJ_7^8 et ΔJ_{10}^{11} en fonction de Q_v



❖ <u>Commentaire des résultats.</u>

On constate depuis la courbe que les pertes de charge évoluent presque linéairement en fonction du débit.