

Exercice 1:

L'annexe 1 représente le profil en long de la conduite d'adduction gravitaire de diamètre $D = 150 \text{ mm}$ du réservoir R1 au réservoir R2.

Le plan d'eau du réservoir R1 est constant et à la cote 150 m.

Le plan d'eau du réservoir R2 est constant et à la cote 120 m.

1. Calculer le débit **maximal** qui peut transiter dans ces conditions entre R1 et R2.
2. Tracer la ligne piézométrique. Commentez
3. Proposer des solutions

On donne :

La rugosité $k = 2 \text{ mm}$

	X	Y
A	0	146
B	650	139
C	1500	140
D	2000	128
E	2500	113
F	3000	115
G	3500	118

Vous avez le diamètre de la conduite 150 mm

Puisque le débit maximal correspond au faite que la charge (l'énergie) que possède l'eau à la sortie du R1 va être consommé en totalité en arrivant au R2

c.a.d

$$JR1-R2 = HR1 - HR2 = 150 - 120 = 30 \text{ m}$$

$$j = 30 / 3500 = 0.00857$$

$$j = 0.00857 \longrightarrow Q = ?$$

$$j' = 0.008054 \longrightarrow Q' = 13.253 \text{ l/s}$$

$$j/j' = (Q/Q')^2$$

Q = 13.67 l/s c'est le débit maximal qui peut Transfer dans ce système et dans ces conditions.

En faisant remonter la ligne piézométrique pour être confondu avec le point C ; la pression au point C devient nulle ; la pente de la ligne pièzo diminue cela implique que la perte de charge entre le réservoir R1 et le point C diminue.

Dans ce cas si on ne change pas le diamètre de la conduite le débit va diminuer.

$$HR1 = 150 \text{ m}$$

$$HC = 140 \text{ m}$$

$$J = 150 - 140 = 10 \text{ m}$$

$$j = 10 / 1500 = 0.0066 \longrightarrow Q = ?$$

$$j' = 0.007028 \longrightarrow Q' = 12.37 \text{ l/s}$$

$$\longrightarrow$$

Q = 12.01 l/s

On va relever la ligne piezo de 5 m ; c.a. d la pression au point C va être égale 5 m CE (0.5 bar).

Je veux avoir un débit supérieur ou égal à 13,67 l/s !!!!!

En relevant la ligne piezo pour avoir une pression de 5 mce au point C. Donc la perte de charge entre le réservoir R1 et le point C devient :

$$HR1 - HC = 150 - 145 = 5 \text{ m}$$

$$J = 5 \text{ m}$$

$$j = 5 / 1500 = 0.0033$$

En cherchant dans les tables de Cole brook je trouve le diamètre 200 mm qui peut transiter un débit supérieur ou égal à 13.67 l/s en gardant la même perte de charge pour respecter la condition de la pression minimale au point C de 5 mce

Avec ce diamètre de 200 mm

Le système peut transiter jusque' a 18.85 l/s

Entre C et R2

$$HC - HR2 = 145 - 120 = 25 \text{ m}$$

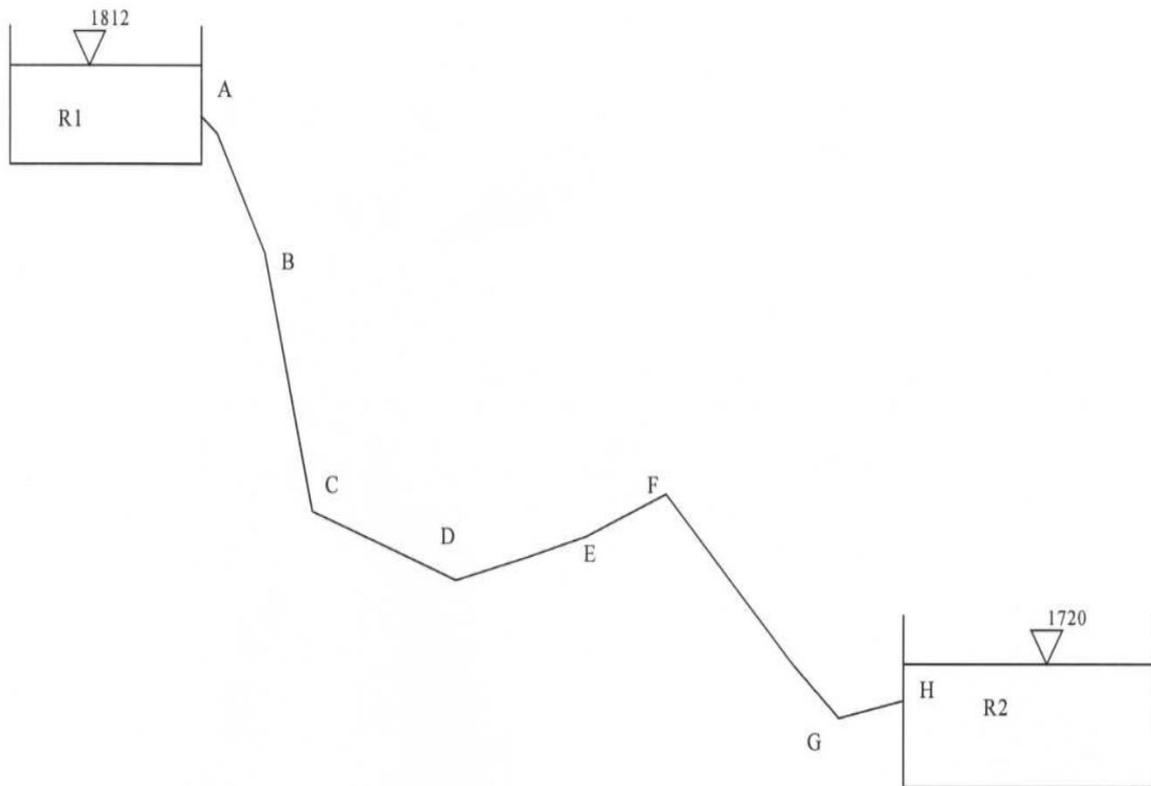
$$j = 25 / 2000 = 0.0125$$

$$j = 0.0125 \quad \longrightarrow \quad Q$$

$$j' = 0.0128 \quad \longrightarrow \quad Q' = 16.78$$

$Q = 16.58 \text{ l/s}$ avec une vitesse raisonnable de 0.95 m/s

Exercice 2



Une conduite gravitaire fait transiter de l'eau entre deux réservoirs. Elle a une rugosité relative de $\varepsilon = 0.25$ mm. On négligera les pertes de charge singulières.

Les longueurs sont fournies dans le tableau suivant :

	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	G-H
Longueur (m)	748	2243	6728	5980	3738	8223	2990

1. Diamètre

- Calculer le diamètre de la conduite pour que l'installation débite $1,24\text{m}^3/\text{s}$.

2. Régulation du débit

On désire réguler le débit entre les deux réservoirs à un débit de $0.827\text{m}^3/\text{s}$ par l'intermédiaire d'une vanne.

- Calculez la perte de charge (mCE) absorbée par la vanne.

3. Positionnement de la vanne et ligne de charge

- Positionner la vanne. Tracer, sur le graphique, la ligne piézométrique avec et sans la vanne. Justifier le positionnement de la vanne.

3.1. Diamètre de la Conduite

D'après Bernoulli entre A et B:

$$H_A = H_B + \Delta H$$

$$\Delta H = f \times l = L \cdot \frac{Q^M}{D^N} \times l$$

Pour $E = 0,25 \text{ mm}$: $L = 1,16$; $M = 1,93$; $N = 5,11$

$\Delta H = H_A - H_B = z_A - z_B$ car la vitesse est nulle dans les réservoirs et les pressions sont relatives d'où:

$$\Delta H = 1812 - 1720 = 92 \text{ m}$$

$$\text{d'où } D = \sqrt[5]{\frac{1,16 \times 1,24^{1,93}}{92} \times 30,65^1}$$

$$\boxed{DN = 900 \text{ mm}}$$

3.2. Localisation et Puissance de la turbine

3.2.1. Turbine en C pour que $Q = 827 \text{ l.s}^{-1}$

Désirant placer une turbine en C, il est nécessaire de calculer les pertes de charge avant la turbine et après elle pour s'enquérir de sa puissance.

Pour $Q = 0,827 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et $E = 0,25 \text{ mm}$, les pertes de charge linéaires s'expriment par:

$$J = 1,16 \times \frac{0,827^{1,93}}{0,9^{5,11}} = 1,37 \text{ m/Km}$$

D'où la charge hydraulique avant la turbine est de:

$$H_{\text{avant}} = 1812 - 1,37 \times 17,35 = 1788 \text{ m}$$

$$H_{\text{après la turbine}} = 1720 + 1,37 \times (3,4 + 9,9)$$

$$H_{\text{après}} = 1738 \text{ m}$$

D'où la Perte de charge engendrée par la turbine est de :

$$1788 - 1738 = \underline{50 \text{ mce}}$$

Et sa puissance est :

$$P = \gamma \cdot \Delta H \times Q = 9810 \times 50 \times 0,827$$

$$P = 406 \text{ kW}$$

3.2.2. Turbine en D

Les Pertes de charge sont de même valeur étant donné la constance du débit et du diamètre ($Q = 827 \text{ l.s}^{-1}$ et $DN = 900 \text{ mm}$).

Ainsi la puissance récupérée par la turbine est identique.

$$P = 406 \text{ kW}$$

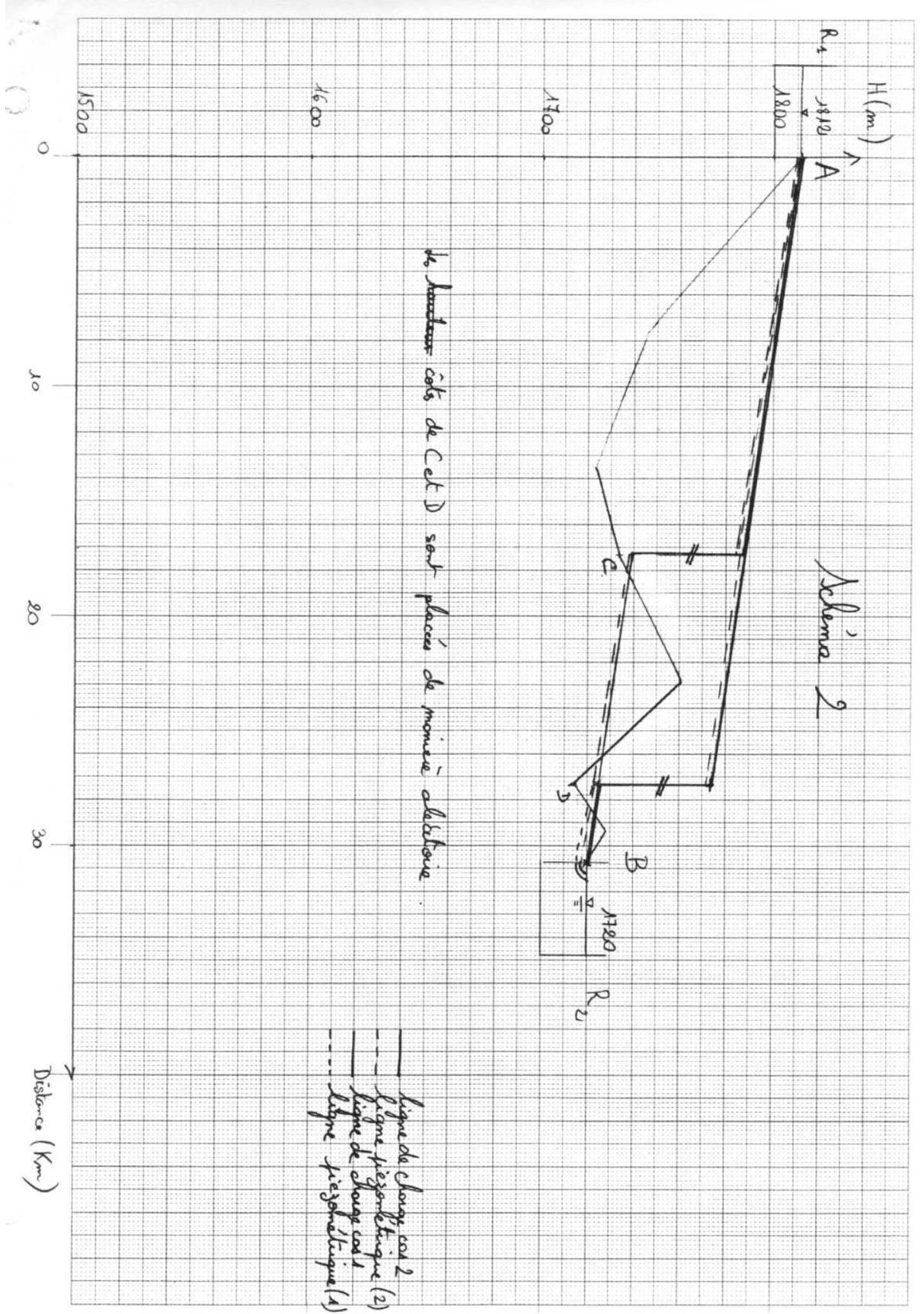
5. lignes de charge et piézométriques

3.3.1. Le schéma 2 représente les 2 tracés des 2 lignes piézométriques et de charge. Il n'est pas à l'échelle mais montre la J identique pour les 2 cas (pente).

3.3.2. La ligne piezo dans le cas de la turbine en C coupe le tracé de la conduite. Le point haut est en dépression ce qui est inhérent à l'apparition de poches d'air et d'écoulement nul.

La ligne piezo dans le cas de la turbine en D permet de dépasser la zone de dépression entre C et D mais subit celle entre D et B (dépression plus faible \rightarrow écoulement difficile).

La turbine en D est donc plus favorable pour la même perte de charge.



Aléna 2

Les ~~hauteurs~~ cotes de C et D sont placées de manière arbitraire.

- ligne de charge (1)
- - - ligne projective (1)
- - - ligne de charge (2)
- ligne de charge (1)
- - - ligne projective (1)

Exercice 3 (à rendre sous forme de devoir)

Une conduite gravitaire fait transiter de l'eau entre deux réservoirs. Elle a une rugosité relative $k = 0,1 \text{ mm}$. On négligera les pertes de charges singulières.

1. Calculer le diamètre de la conduite pour que l'installation débite $0,151 \text{ m}^3/\text{s}$.

2. On désire réguler le débit entre les deux réservoirs à un débit de $0,100 \text{ m}^3/\text{s}$ par l'intermédiaire d'une vanne.

Calculez la perte de charge (mCE) absorbée par la vanne.

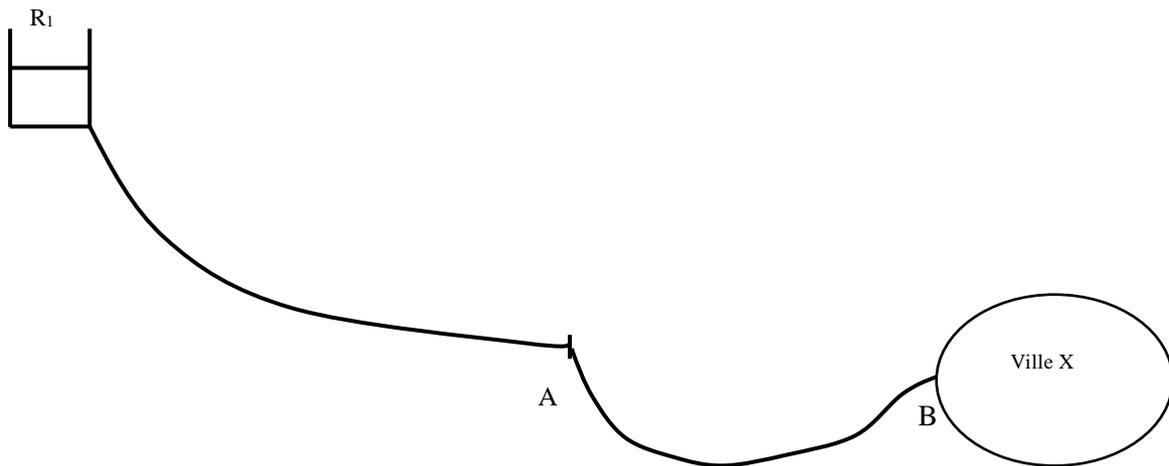
Positionner la vanne en Justifiant ce positionnement.

Tracer sur le graphique, la ligne piézométrique avec et sans la vanne.

3. Si on décide de changer la conduite par une autre de diamètre égale à 300 mm ; quelle serait le débit maximal que peut transporter cette nouvelle conduite.

Exercice 4

Pour satisfaire les besoins en eau de la ville X ; le réservoir R1 fournit un débit de 140 l/s avec une charge de 1,37 bar; à l'entrée de la ville (point B).



L'extension de la ville X nécessite une augmentation du débit d'alimentation pour atteindre la valeur de 184 l/s. Pour continuer à assurer une pression suffisante chez tous les abonnés ; il faut avoir une charge de 2,75 bar à l'entrée de la ville (point B).

Pour être dans la mesure de garantir ces conditions de fonctionnement, le renforcement de l'ancien système est nécessaire; quelles sont les solutions à prévoir ?

On donne : $k = 2$ mm pour des conduites en service

$k = 0,1$ mm pour les conduites neufs

$D_{R1A} = 400$ mm ; $L_{R1A} = 2400$ m

$D_{AB} = 300$ mm ; $L_{AB} = 1500$ m

Solution

Avant de proposer des solutions, il faut faire une analyse du problème:

1. Le réservoir R1 fournit un débit de 140 l/s avec une charge de 1,37 bar; à l'entrée de la ville (point B).
2. Une augmentation du débit d'alimentation pour atteindre la valeur de 184 l/s.
3. Il faut avoir une charge de 2,75 bar à l'entrée de la ville (point B).

Augmenter le débit signifie augmentation de la perte de charge ce qui entraîne une diminution de la pression (la charge).

Alors que pour un débit de 184 l/s on doit avoir 2,75 bar comme charge au point B.

Donc si on veut avoir la charge de 2,75 bars au point B, il faut diminuer la perte de charge.

Donc comme première solution on peut changer le diamètre des conduites D_{RIA} et D_{AB} .

Comme deuxième solution on peut faire un doublement des conduites.

Avant de détailler une des solutions proposées; il faut commencer d'abord par calculer la charge du réservoir R1.

Exercice 5

Le réservoir R1 alimentera le réservoir R2 par une conduite de 3 km de longueur et de diamètre 200 mm.

On prend $k = 0,1$ mm

Le profil en long de la conduite est donné dans l'annexe 1.

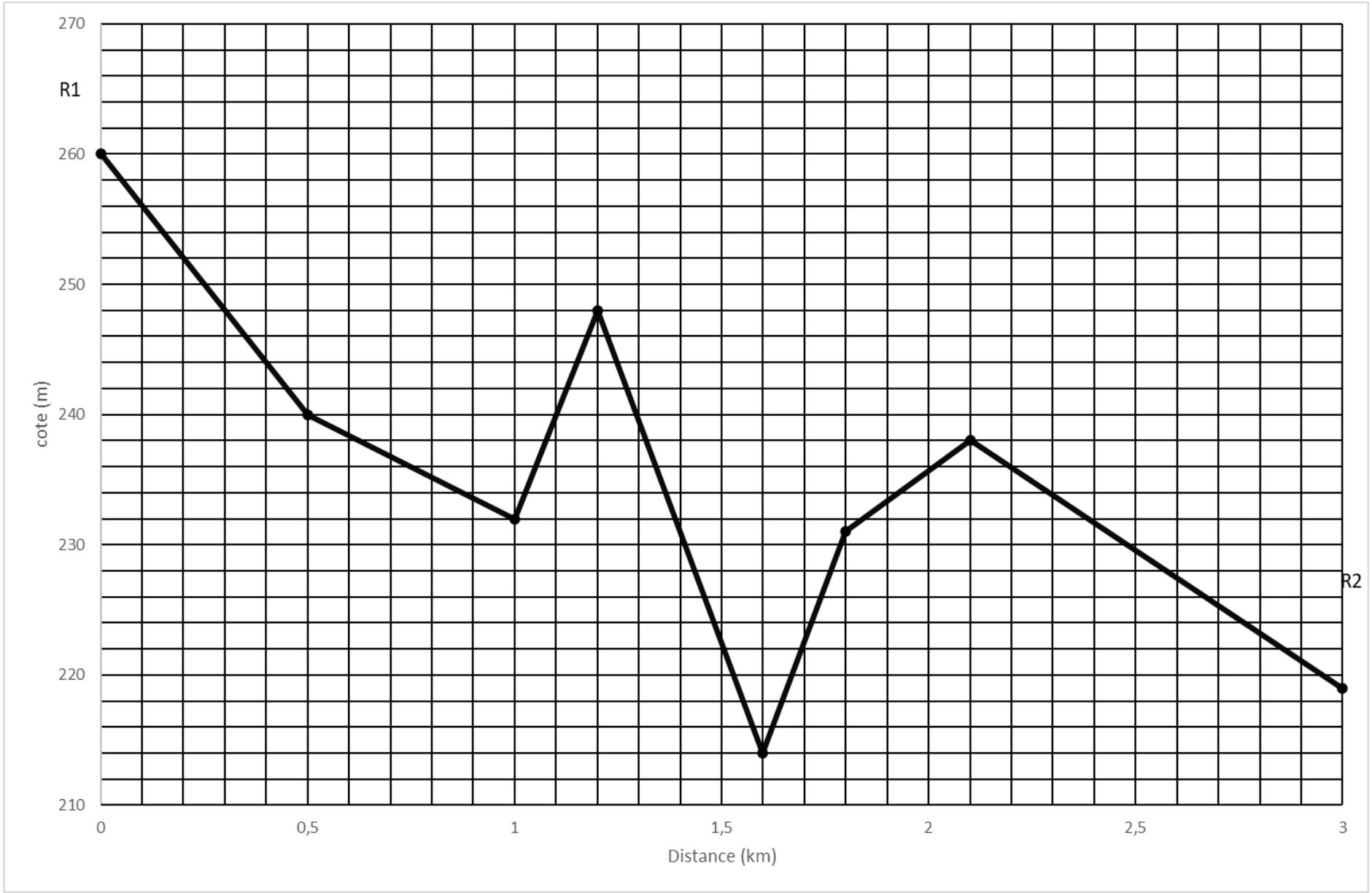
On suppose que le niveau de l'eau dans le réservoir R1 est maintenu à la cote 264m.

1. Représenter sur l'annexe 1 entre R1 et R2 :

Le plan de charge ;

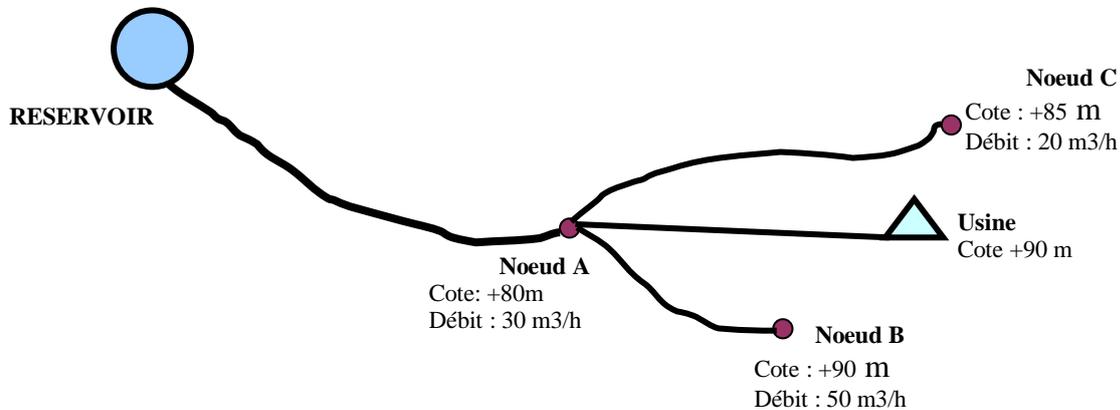
La ligne piézométrique pour le débit transité maximum.

2. En déduire graphiquement, la pression minimale et la pression maximale dans la conduite dans ces conditions de fonctionnement.
3. Vérifier par le calcul la valeur de la pression minimale obtenue graphiquement ci-dessus. Exprimer vos résultats en mCE et en bars.
4. Citer le risque principal encouru au point de pression minimale.
5. Pour éviter le risque encouru au point de pression minimale, on souhaite que la pression dans la conduite reste en tout point supérieure ou égale à 5 mCE. Le réservoir R1 étant toujours maintenu à la cote 264 m.
6. Expliquer comment l'installation d'une vanne de régulation hydraulique en H permet d'obtenir la pression minimale souhaitée. Tracer la ligne piézométrique dans ces conditions.
7. Déterminer le débit transité entre R1 et R2 après l'installation de la vanne de régulation.
8. Déterminer la perte de charge singulière que doit créer la vanne de régulation.



Exercice 6

Un réservoir dont le niveau d'eau est constant, doit pouvoir desservir en eau simultanément les nœuds A, B et C selon les altimétries (côte du terrain naturel) et les débits indiqués sur le schéma ci-dessus.



Ci-dessous les données du système :

Tronçon	Longueur en m	Diamètre en mm
R-A	1500	200
A-B	1000	150
A-C	700	100

On prend la rugosité $k = 0,1$ mm

Il faut signaler que les diamètres utilisés entre le nœud A et les nœuds B, C et l'usine ne doivent en aucun cas dépasser les 200 mm.

1. Si on suppose que la pression au nœud B est égale à **2 bars**. Calculer les pressions aux nœuds A et C. Vérifier que la pression minimale requise aux nœuds A et C est supérieure ou égale à 2 bars. Si ce n'est pas le cas proposer des solutions.
2. Suite à l'augmentation de la population on décide d'augmenter les débits prélevés au nœud B et C respectivement $90 \text{ m}^3/\text{h}$ et $42 \text{ m}^3/\text{h}$. Vérifier que la pression minimale requise aux nœuds A, B et C est supérieure ou égale à 2 bars. Si ce n'est pas le cas proposer des solutions.
3. En plus le réservoir doit alimenter une usine implantée à une distance du nœud A égale à 1000 m à travers une conduite de diamètre 150 mm. Il est demandé de déterminer le **débit maximal** que peut fournir le réservoir R pour alimenter l'usine sans que les conditions de pression (question 2.) ne changent.
4. Une augmentation de la production au niveau de l'usine nécessite une augmentation de débit de 80%. Proposer deux solutions pour satisfaire cette augmentation sans que les conditions de pression (question 2.) ne changent.

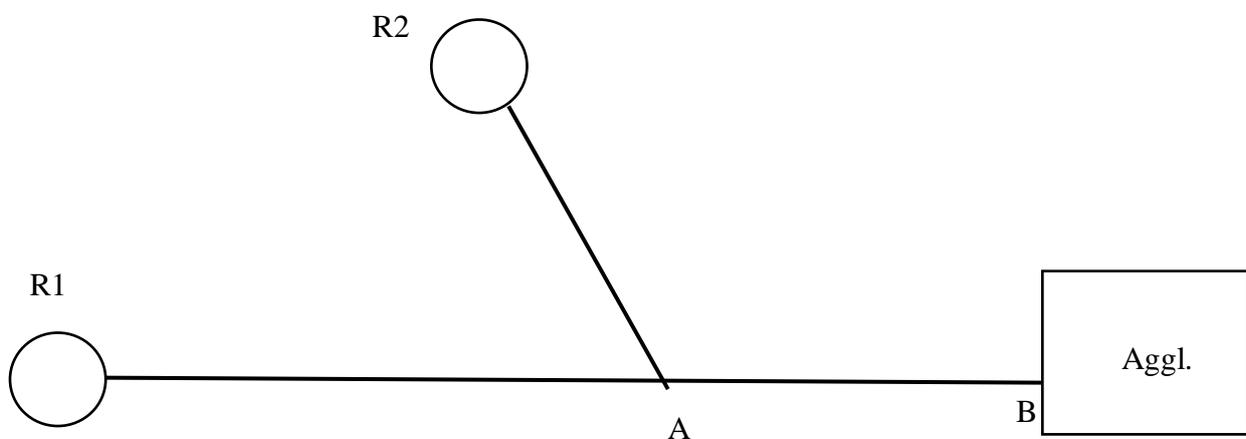
Exercice 7

Le réservoir R_1 alimente une agglomération avec un débit de 50 l/s. Pour faire face à l'augmentation de la consommation de la population, de nouveaux calculs ont montré qu'il faut augmenter ce débit à 80 l/s ; et la charge à l'entrée de l'agglomération doit être égal à 85 m.

Quel doit être la hauteur minimale dans le réservoir R_2 pour pouvoir respecter les conditions citées ci-dessus ?

On donne :

$Z_{R1} = 100$ m ; $L_{R1-A} = 2000$ m ; $L_{R2-A} = 1500$ m ; $D_{R1-A} = 250$ mm ; $D_{R2-A} = 250$ mm ; $L_{AB} = 700$ m ; $D_{A-B} = 250$ mm



Exercice 8

On souhaite remplir le réservoir R à 10 l/s au minimum par l'eau d'une source se situant en R0. La longueur du tronçon R0 - A - R = 2000 m ou le point A se trouve à mi chemin (c'est à dire à 1000 m de R0). $k = 0,1$ mm.

L'objectif est d'étudier cette liaison ; tout fois, il faut éviter les écoulements mixtes (écoulement en charge et écoulement à surface libre). On prendra les niveaux des radiers des réservoirs comme niveau d'eau dans les réservoirs (le cas le plus défavorable).

Plusieurs solutions sont envisageables :

a. Une conduite de même diamètre ; équipée d'une Ventouse.

Tracez la ligne piézométrique sans ventouse (LP1); et la ligne piézométrique avec ventouse (LP11).

b. Un changement de diamètre en A: une conduite de diamètre 200 mm pour le tronçon R0 - A et une conduite de diamètre 100 mm pour le tronçon A - R.

Expliquer ce choix et déterminer la cote piézométrique en A.

Tracer la ligne piézométrique (LP2) pour ce cas

c. Si on décide d'augmenter le débit à transiter à 73 l/s; en gardant un même diamètre; quelles sont les transformations qu'il faut effectuer pour éviter un écoulement mixte.

Tracer la ligne piézométrique LP3.