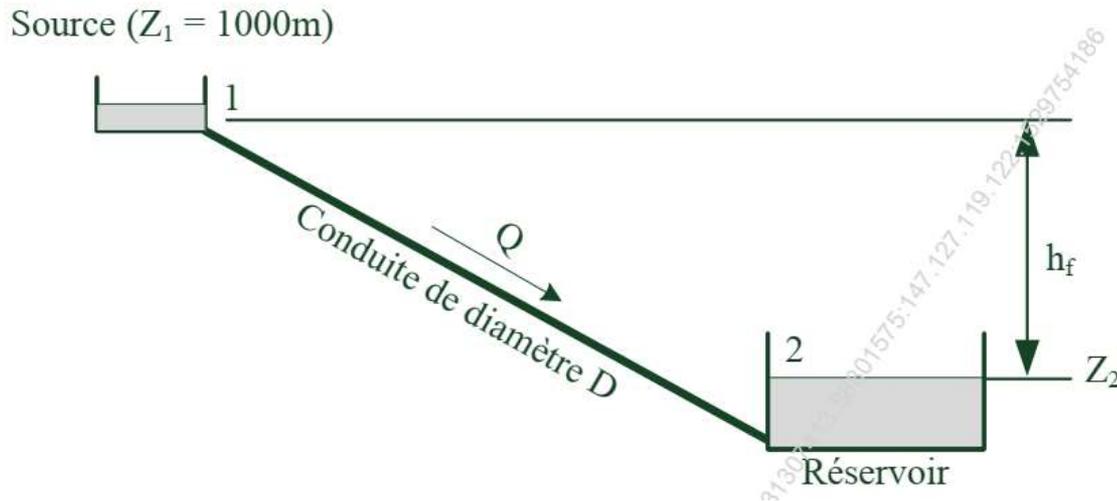


**TD\_AEP**

**Pr. M. HABI**

## Exercice 1

L'ingénieur a identifié une bonne source d'eau située à une cote  $Z_1 = 1000\text{m}$  et ayant une température de  $15^\circ\text{C}$ . Il peut faire écouler cette eau d'une manière gravitaire pour remplir un réservoir de stockage (figure suivante).



Supposons que le débit de la source soit limité à une valeur  $Q_1 = 170 \text{ l/s}$ . À cause de certaines considérations matérielles et techniques, le diamètre de la conduite a été fixé à  $400 \text{ mm}$ , la longueur à  $1,0 \text{ km}$  et le matériau de la conduite est de la fonte ( $k = 2 \text{ mm}$ ). La question est :

à quelle cote  $Z_2$  placer le réservoir de stockage?

Solution:

Q1 = 170 l/s correspond a la perte de charge unitaire j1  
le tableau donne q2 = 169,64 l/s pour j2 = 0,007037

Donc :

$$j1 = 0,007037 * 170^2 / 169,64^2 = 0,007068$$

$$J = j * L = 0,007068 * 1000 = 0,7068 \text{ m}$$

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + J$$

$$P_1 = P_2 = 0$$

$$z_1 = z_2 + J$$

$$z_2 = z_1 - J$$

$$z_2 = 1000 - 0,70689 = 999,29 \text{ m}$$

DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,350 m			DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,400 m		
Section de la conduite 0,0962115 m <sup>2</sup>			Section de la conduite 0,125664 m <sup>2</sup>		
Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.
$k = 10^{-4}$	$k = 2 \cdot 10^{-3}$		$k = 10^{-4}$	$k = 2 \cdot 10^{-3}$	
		0,962 1			1,256 6

0,95	0,002 383	0,004 147	91,400 9	0,002 026	0,003 485	119,380 8
1,00	0,002 626	0,004 595	96,211 5	0,002 233	0,003 861	125,664 0
1,05	0,002 878	0,005 065	101,022 1	0,002 447	0,004 257	131,947 2
1,10	0,003 142	0,005 559	105,832 6	0,002 672	0,004 672	138,230 4
1,15	0,003 417	0,006 077	110,643 2	0,002 905	0,005 106	144,513 6
1,20	0,003 701	0,006 616	115,453 8	0,003 147	0,005 560	150,796 8
1,25	0,003 998	0,007 179	120,264 4	0,003 399	0,006 033	157,080 0
1,30	0,004 304	0,007 765	125,074 9	0,003 659	0,006 525	163,363 2
1,35	0,004 623	0,008 373	129,885 5	0,003 929	0,007 037	169,646 4
1,40	0,004 952	0,009 005	134,696 1	0,004 208	0,007 567	175,929 6
1,45	0,005 291	0,009 660	139,506 7	0,004 498	0,008 117	182,212 8
1,50	0,005 642	0,010 338	144,317 2	0,004 796	0,008 687	188,496 0
1,55	0,006 004	0,011 039	149,127 8	0,005 107	0,009 276	194,779 2
1,60	0,006 375	0,011 762	153,938 4	0,005 425	0,009 884	201,062 4
1,65	0,006 760	0,012 509	158,749 0	0,005 752	0,010 512	207,345 6
1,70	0,007 155	0,013 278	163,559 5	0,006 087	0,011 158	213,628 8
1,75	0,007 560	0,014 071	168,370 1	0,006 431	0,011 825	219,912 0
1,80	0,007 979	0,014 886	173,180 7	0,006 783	0,012 509	226,195 2

VITESSE MOYENNE EN METRES

DIAMETRE DE LA CONDUITE  
0,450 m

Section de la conduite  
0,1590435 m<sup>2</sup>

Charges par mètre de  
longueur de conduite

Débit  
en  
litres/sec.

$k = 10^{-4}$  |  $k = 2,10^{-3}$

DIAMETRE DE LA CONDUITE  
0,500 m

Section de la conduite  
0,19635 m<sup>2</sup>

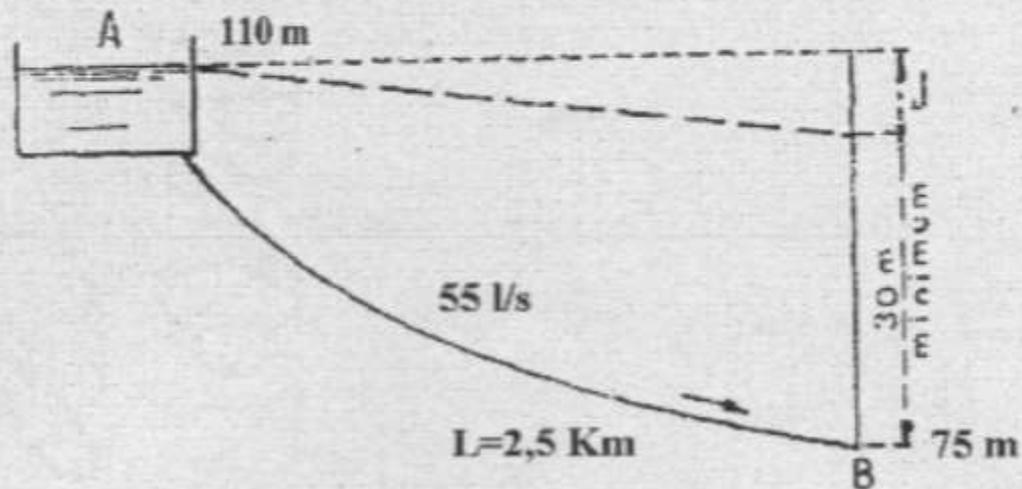
Charges par mètre de  
longueur de conduite

Débit  
en  
litres/sec.

$k = 10^{-4}$  |  $k = 2,10^{-3}$

0,01			1,590 4			1,963 5
0,05	0,000 008	0,000 010	7,952 2	0,000 007	0,000 009	9,817 5
0,10	0,000 029	0,000 037	15,904 3	0,000 025	0,000 033	19,635 0
0,15	0,000 059	0,000 081	23,856 5	0,000 052	0,000 070	29,452 5
0,20	0,000 099	0,000 141	31,808 7	0,000 088	0,000 123	39,270 0
0,25	0,000 149	0,000 217	39,760 9	0,000 131	0,000 189	49,087 5
				0,000 182	0,000 270	58,905 0
				0,000 242	0,000 365	68,722 5
0,95	0,001 757	0,002 991	151,091 3	0,000 310	0,000 474	78,540 0
1,00	0,001 936	0,003 313	159,043 5	0,000 386	0,000 597	88,357 5
1,05	0,002 122	0,003 652	166,995 7	0,000 469	0,000 735	98,175 0
1,10	0,002 316	0,004 008	174,947 8	0,000 560	0,000 887	107,992 5
1,15	0,002 520	0,004 382	182,900 0	0,000 658	0,001 053	117,810 0
1,20	0,002 730	0,004 771	190,852 2	0,000 763	0,001 233	127,627 5
1,25	0,002 948	0,005 177	198,804 4	0,000 875	0,001 427	137,445 0
1,30	0,003 174	0,005 599	206,756 5	0,000 995	0,001 635	147,262 5
1,35	0,003 408	0,006 038	214,708 7	0,001 123	0,001 856	157,080 0
1,40	0,003 650	0,006 494	222,660 9	0,001 258	0,002 093	166,897 5
1,45	0,003 901	0,006 965	230,613 1	0,001 400	0,002 343	176,715 0
1,50	0,004 162	0,007 454	238,565 2	(		

Soit, par exemple, à calculer une conduite AB, débitant 55 l/s, issue d'un réservoir A, et qui se raccorde en B sur le réseau de distribution. Entre A et B, la conduite n'effectue aucun service en route. La cote de départ est égale à 110 m; en B la cote est de 75 m. La pression au sol imposée est de 30 m d'eau. La longueur de la conduite AB est 2 500 m. Quel diamètre doit-on donner à cette conduite ?



Recherchons, dans les tables de Colebrook, le diamètre qui permet d'écouler 55 l/s avec une vitesse voisine de 1 m/s. Nous trouvons (avec  $k = 10^{-4}$  m) :

Recherchons, dans les tables de Colebrook, le diamètre qui permet d'écouler 55 l/s avec une vitesse voisine de 1 m/s. Nous trouvons (avec  $k = 10^{-4}$  m) :

- |            |              |                 |
|------------|--------------|-----------------|
| • Ø 250 mm | $j = 0,0048$ | $V = 1,12$ m/s. |
| • Ø 300 mm | $j = 0,0020$ | $V = 0,78$ m/s. |

Dans le premier cas,  $J = 0,0048 \times 2\,500 = 12$  m et la pression au sol au point B est de  $(110-12)-75 = 23$  m d'eau.

Dans le deuxième cas,  $J = 0,0020 \times 2\,500 = 5$  m et la pression au sol, en B, est de  $(110 - 5) - 75 = 30$  m d'eau,

### EXERCICE 1 :

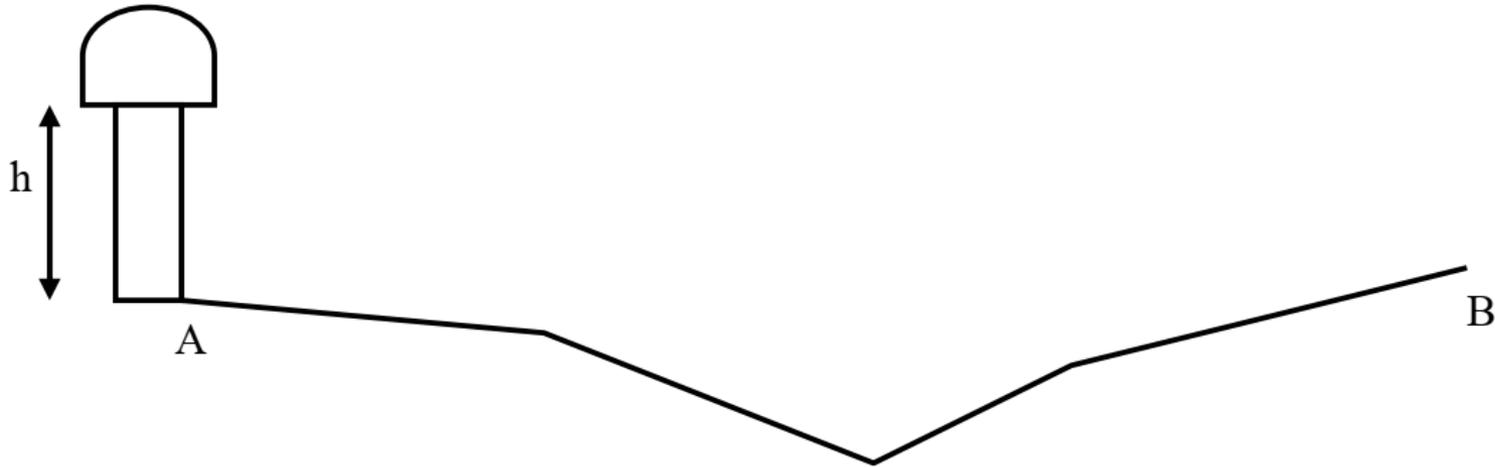
Soit une conduite AB de longueur  $L=2$  km, de diamètre  $D=0,5$  m véhiculant de l'eau ayant une viscosité cinématique  $\nu = 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s à un débit de  $0,1$  m<sup>3</sup>/s à partir d'un réservoir situé au point A.

Si on doit assurer une pression de 20 m d'eau au point B, déterminer la surélévation  $h$  à donner au réservoir ?

On donne :

La cote du point A :  $Z_A = 5,2$  m

La cote du point B :  $Z_B = 7,1$  m.       $k = 0,1$  mm



## Solution

L'équation des charges entre R et B:

$$H_R = H_B + J_{RB}$$

$$J_{RB} = H_A - H_B$$

$$H_R = Z_A + h + P_R/\rho g$$

$$P_R/\rho g = 0$$

$$H_B = Z_B + P_B/\rho g$$

$$Z_A + h = Z_B + P_B/\rho g + J_{RB}$$

$$h = Z_B + P_B/\rho g + J_{RB} - Z_A$$

avec  $k = 0,1 \text{ mm}$

$$\underline{J_{RB} = 0,91 \text{ m}}$$

$$h = 7,1 + 20 + 0,91 - 5,2 = \underline{22,81 \text{ m}}$$

## EXERCICE 2 :

Soit le système présenté par le schéma suivant, constitué par trois conduites de distribution : 1-2, 1-3 et 1-4 reliées à un réservoir R par une conduite d'amenée R-1.

Déterminer le point le plus défavorable entre les 4 quatre points : 1, 2, 3 et 4 ?

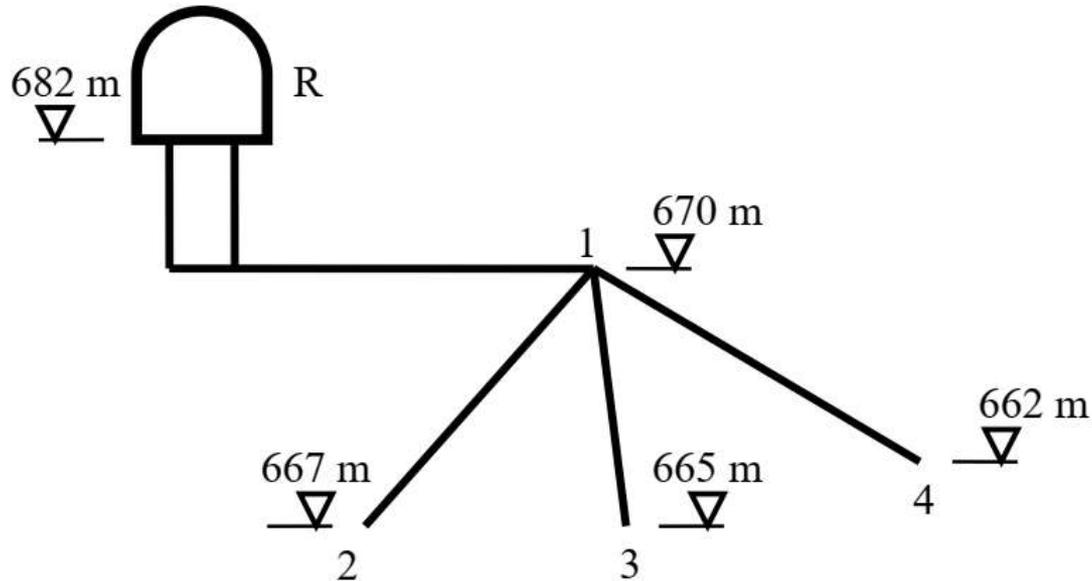
On donne :

$$L_{1-2} = 1,2 \text{ km} ; D_{1-2} = 600 \text{ mm}, Q_{1-2} = 80 \text{ l/s}$$

$$L_{1-3} = 0,80 \text{ km} ; D_{1-3} = 400 \text{ mm}, Q_{1-3} = 120 \text{ l/s}$$

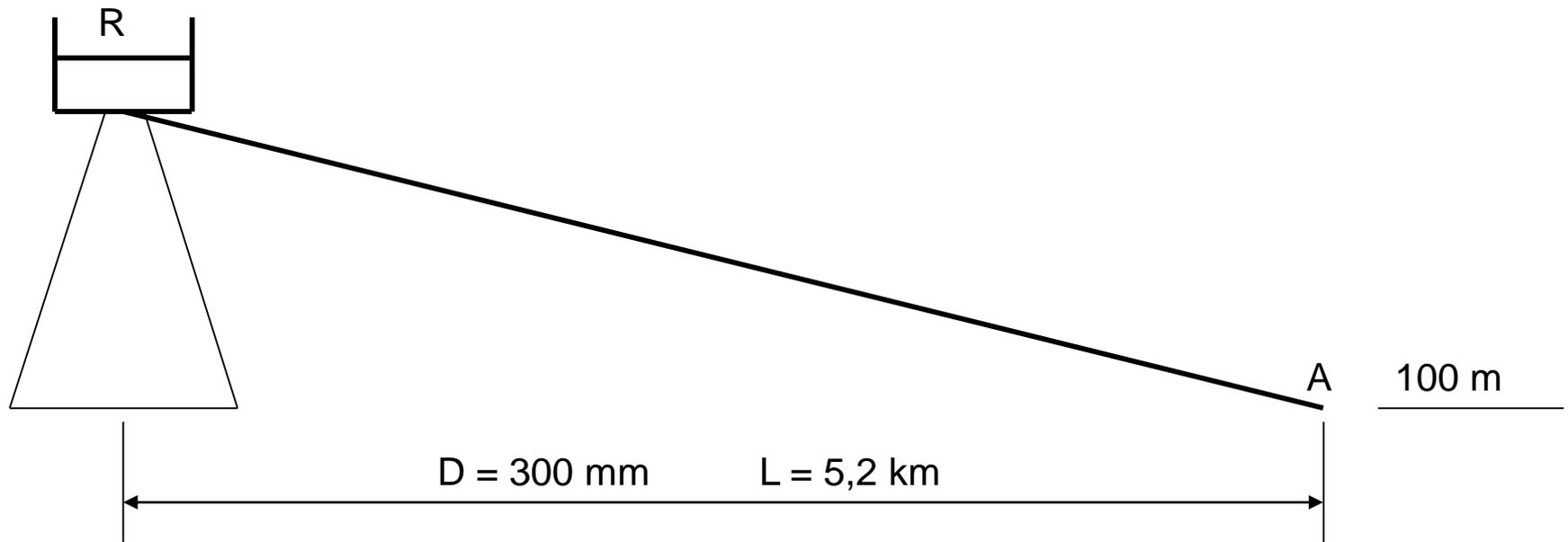
$$L_{1-4} = 1,7 \text{ km} ; D_{1-4} = 500 \text{ mm}, Q_{1-4} = 150 \text{ l/s}$$

$$L_{R-1} = 3,0 \text{ km} ; D_{R-1} = 800 \text{ mm}$$



## Exercice 4

1. Dans le système représenté ci-dessous on doit assurer une pression de 45 m d'eau au point A pour un débit de 60 l/s et une rugosité de  $k = 2 \text{ mm}$ .  
Quelle sera alors la charge au niveau du réservoir.
2. Si on décide d'augmenter la perte de charge entre le réservoir et le point A de 1,10 m;  
Quel sera alors le nouveau débit avec  $k = 0,1 \text{ mm}$ .

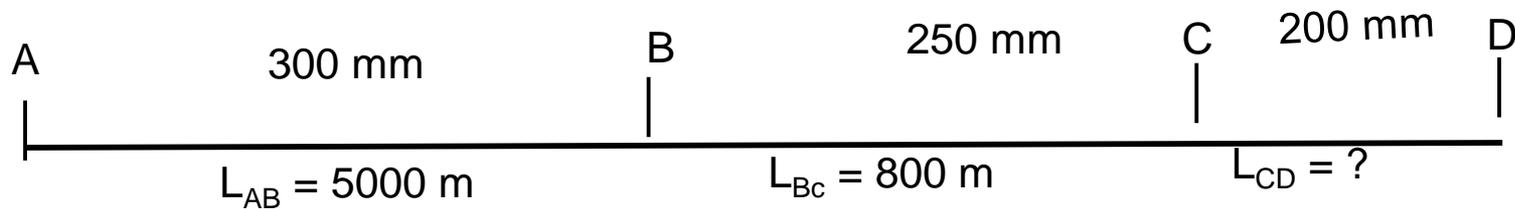


## Exercice 2

Dans la conduite représentée ci-dessous composée de trois tronçons; s'écoule un débit de 40 l/s.

Quel serait la longueur du troisième tronçon si on veut que la perte de charge totale ne doit pas dépasser les 10 m?

On donne  $k = 0,1 \text{ mm}$



### Exercice 3:

Sur un tronçon de conduites en service AB, BC, CD posées les unes à la suite des autres, les relevés ci-après ont été effectués

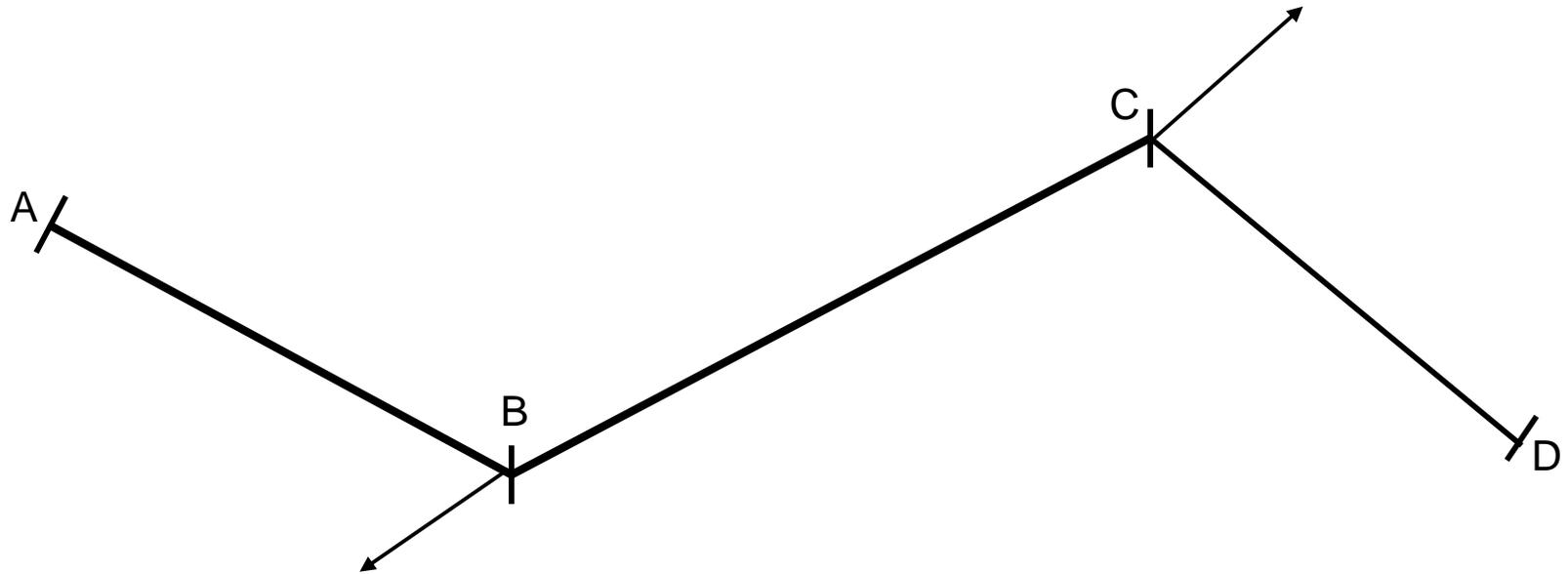
Conduites	Diamètres	Longueurs	Cotes de sol	Pression au sol (en m d'eau)	Observations
— AB en A en B	0,350 m	1 000 m	„ 50,00 48,00	„ 30 m <u>28 m</u>	Il sera supposé que les cotes de sol varient linéairement entre les cotes données ci-contre.
— BC en C	0,250 m	1 000 m	„ 55,00	„ <u>15 m</u>	
— CD en D	0,250 m	500 m	„ 48,00	„ 20 m	

Déterminer, dans ces conditions :

- le débit transité par chacune des conduites,
- les débits évacués en B et en C en dehors du tronçon ABCD.

En C, le débit évacué est porté à 20 l/s. Quels sont les renforcements à prévoir de façon qu'en tout point la pression au sol reste supérieure à 17 m d'eau. Donner, dans cette hypothèse, les nouvelles pressions au sol en B, C, D. On choisira la solution la plus économique.

Le schéma du système:



## Question 1

Pour déterminer le débit qui circule entre A et B; il faut déterminer la perte de charge entre A et B:

L'équation des charges entre A et B:

$$H_A = H_B + J_{AB}$$

$$J_{AB} = H_A - H_B$$

$$H_A = Z_A + P_A/\rho g$$

$$H_B = Z_B + P_B/\rho g$$

$$J_{AB} = (50+30) - (48+28) = 4 \text{ m}$$

$j_1 = 4/1000 = 0,004$  qui correspond au débit  $Q_1$  qui doit être calculer ??

Les tables de Colebrook donnent pour le diamètre 350 mm:

$j_2 = 0,004147$  qui correspond au débit  $Q_2 = 91,40 \text{ l/s}$

En appliquant l'équation suivante:  $\frac{j_1}{j_2} = \frac{q_1^2}{q_2^2}$

On trouve : **Q1 = 89,76 l/s**

Pour déterminer le débit qui circule entre B et C il faut déterminer la perte de charge entre B et C:

L'équation des charges entre B et C:

$$H_B = H_C + J_{BC}$$

$$J_{BC} = H_B - H_C$$

$$H_B = Z_B + P_B/\rho g$$

$$H_C = Z_C + P_C/\rho g$$

$$J_{BC} = (48+28) - (55+15) = 6 \text{ m}$$

$j_1 = 6/1000 = 0,006$  qui correspond au débit  $Q_1$  qui doit être calculer ??

Les tables de Colebrook donnent pour le diamètre 250 mm:

$$j_2 = 0,005781 \quad \text{qui correspond au d} \quad \frac{j_1}{j_2} = \frac{q_1^2}{q_2^2} \quad 8 \text{ l/s}$$

En appliquant l'équation suivante:

On trouve : **Q1 = 45,7 l/s**

Pour déterminer le débit qui circule entre C et D il faut déterminer la perte de charge entre C et D:

L'équation des charges entre C et D:

$$H_C = H_D + J_{CD}$$

$$J_{CD} = H_C - H_D$$

$$H_C = Z_C + P_C/\rho g$$

$$H_D = Z_D + P_D/\rho g$$

$$J_{CD} = (55+15) - (48+20) = 2 \text{ m}$$

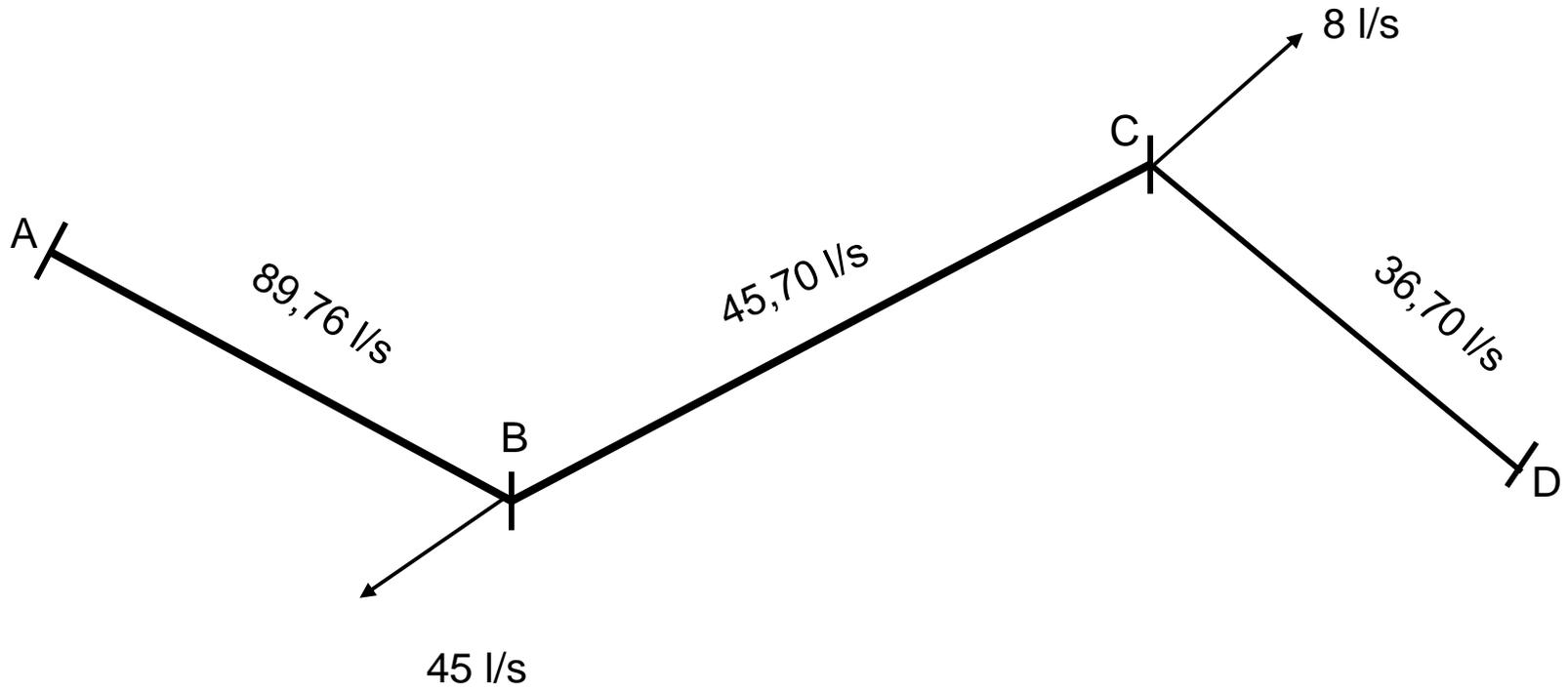
$j_1 = 2/500 = 0,004$  qui correspond au débit  $Q_1$  qui doit être calculer ??

Les tables de Colebrook donnent pour le diamètre 250 mm:

$j_2 = 0,004024$  qui correspond au débit  $Q_2 = 36,81 \text{ l/s}$

En appliquant l'équation suivante:  $\frac{j_1}{j_2} = \frac{q_1^2}{q_2^2}$

On trouve : **Q1 = 36,7 l/s**



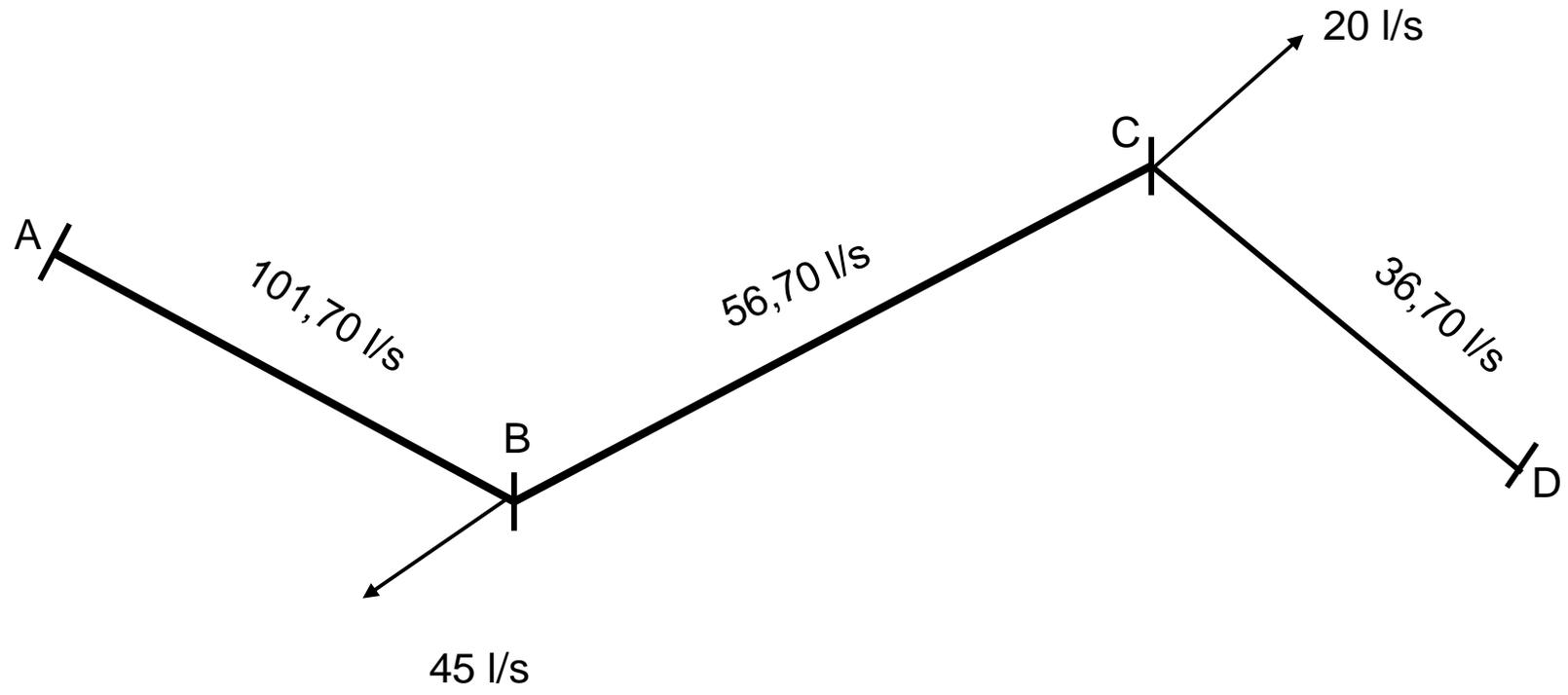
## Question 2

Après avoir augmenté le débit prélevé en C à 20 l/s

Les débits qui circulent dans les conduites AB et CB vont augmenter aussi ce qui entraîne une augmentation de la perte de charges dans ces conduites et par conséquent les pressions au point B et au point C vont diminuer; puisqu'on garde les mêmes diamètres et les mêmes longueurs de conduites.

Les nouveaux débits sont représentés sur la figure ci-dessous:

On commence par le tronçon AB:



Donc il faut calculer les nouvelles pressions au points B, C et D et vérifier si ces pressions sont supérieures ou égales à 17 m d'eau.

On commence par le tronçon AB:

$Q_1 = 101,7$  l/s correspond à une perte de charge  $j_1 = ?$

Les tables de Colebrook donnent pour le diamètre 350 mm:

Le débit  $Q_2 = 101,022$  l/s qui correspond au  $j_2 = 0,005065$

En appliquant l'équation suivante:

$$\frac{j_1}{j_2} = \frac{q_1^2}{q_2^2}$$

On trouve :  **$j_1 = 0,005133$**

Donc  $J = 0,005133 * 1000 =$   **$5,133$  m**

$H_A = H_B + J_{AB}$  donc  $H_B = H_A - J_{AB} = 80 - 5,133 = 74,867$  m

D'où:  $P_B/\rho g = H_B - Z_B = 74,867 - 48 =$   **$26,867$  m d'eau > 17 m d'eau**

Pour le tronçon BC:

$Q_1 = 56,7 \text{ l/s}$  correspond à une perte de charge  $j_1 = ?$

Les tables de Colebrook donnent pour le diamètre 250 mm:

Le débit  $Q_2 = 56,45 \text{ l/s}$  qui correspond au  $j_2 = 0,009437$

En appliquant l'équation suivante:

$$\frac{j_1}{j_2} = \frac{q_1^2}{q_2^2}$$

On trouve :  **$j_1 = 0,009521$**

Donc  $J = 0,005133 * 1000 = \mathbf{9,52 \text{ m}}$

$H_B = H_C + J_{BC}$  donc  $H_C = H_B - J_{BC} = 76 - 9,52 = 66,48 \text{ m}$

D'où:  $P_C/\rho g = H_C - Z_C = 66,48 - 55 = \mathbf{11,48 \text{ m d'eau} < 17 \text{ m d'eau}}$

Il faut diminuer la perte de charge entre B et C en augmentant le diamètre de la conduite BC.

Pour le tronçon BC puisque on va installer une nouvelle conduite donc la rugosité  $k$  va changer; on prend  $k = 0,1$  mm (rugosité d'une conduite neuf):

$Q_1 = 56,7$  l/s correspond à une perte de charge  $j_1 = ?$

Les tables de Colebrook donnent pour le diamètre 300 mm:

Le débit  $Q_2 = 56,55$  l/s qui correspond au  $j_2 = 0,002079$

En appliquant l'équation suivante:

$$\frac{j_1}{j_2} = \frac{q_1^2}{q_2^2}$$

On trouve :  **$j_1 = 0,00209$**

Donc  $J = 0,002079 * 1000 =$   **$2,09$  m**

$H_B = H_C + J_{BC}$  donc  $H_C = H_B - J_{BC} = 76 - 2,09 = 73,91$  m

D'où:  $P_C/\rho g = H_C - Z_C = 73,91 - 55 =$   **$18,91$  m d'eau > 17 m d'eau**

Donc on va prendre pour le tronçon BC un diamètre de 300 mm.

Pour le tronçon CD:

$Q_1 = 36,7 \text{ l/s}$  correspond à une perte de charge  $j_1 = ?$

Les tables de Colebrook donnent pour le diamètre 250 mm:

Le débit  $Q_2 = 36,81 \text{ l/s}$  qui correspond au  $j_2 = 0,004024$

En appliquant l'équation suivante:

$$\frac{j_1}{j_2} = \frac{q_1^2}{q_2^2}$$

On trouve :  **$j_1 = 0,004$**

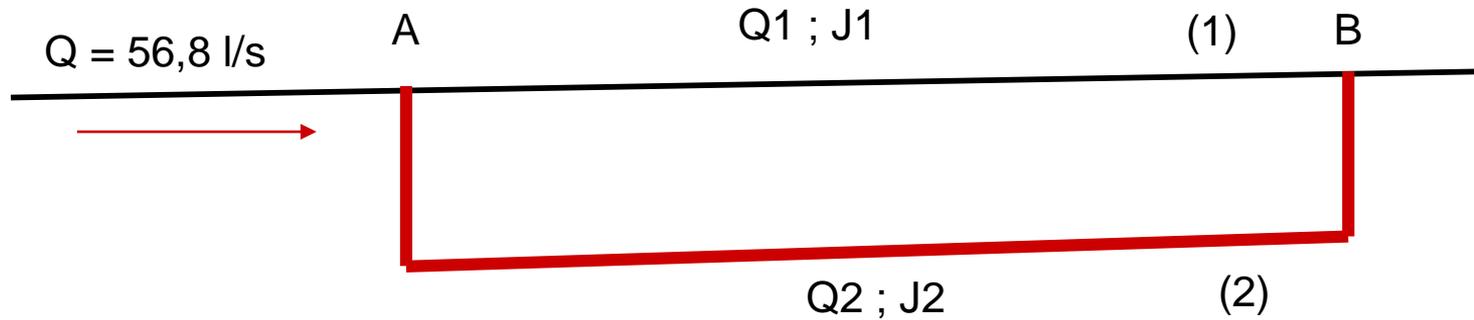
Donc  $J = 0,005133 * 1000 = \mathbf{2 \text{ m}}$

$H_C = H_D + J_{CD}$  donc  $H_D = H_C - J_{CD} = 73,91 - 2 = 71,91 \text{ m}$

D'où:  $P_D/\rho g = H_D - Z_D = 71,91 - 48 = \mathbf{23,91 \text{ m d'eau} > 17 \text{ m d'eau}}$



Deux conduites en serie  $J \text{ totale} = J1 + J2$



$$HA = HB + J1 \quad \text{donc } J1 = HA - HB \quad (1)$$

$$HA = HB + J2 \quad \text{donc } J2 = HA - HB \quad (2)$$

$$J1 = J2$$

$$HB = HC + JBC$$

$$HC = HB - JBC$$

$$HC = ZC + PC/Rg$$

$$PC/Rg = HC - ZC$$

$$H_A = H_B + J$$

$$H_A = Z_A + P_A/Rg$$

$$H_A = 50 + 30 = 80 \text{ m}$$

$$H_B = H_A - J$$

$$H_B = Z_B + P_B/Rg$$

Conservons entre A et B , le diamètre de 350 mm, dans les tables on trouve  
 $j = 0,005065$

$$\text{D'où } J_{AB} = 0,005065 * 1000 = \underline{\underline{5,065 \text{ m}}}$$

La hauteur piézométrique en B est de :  $H_B = H_A - J$

$$H_B = 80 - 5,065 = 74,935 \text{ m}$$

La cote au sol étant (48,00), la pression en B :  $74,935 - 48 = \underline{\underline{26,94 \text{ m} > 17 \text{ m d'eau}}}$

En C, la pression doit être supérieur à 17 m d'eau

Donc en C, la hauteur piézométrique doit être, au moins, de:

$$H_C = 55,00 + 17,00 = 72,00 \text{ m}$$

Donc la perte de charge entre B et C est :

$$J_{BC} = H_B - H_C$$

$$J = 74,935 - 72,00 = 2,935 \text{ m}$$

$$j = 2,935 / 1000 = 0,002935$$

$$Q_{BC} = 56,80 \text{ l/s}$$

$$j = 0,002935$$

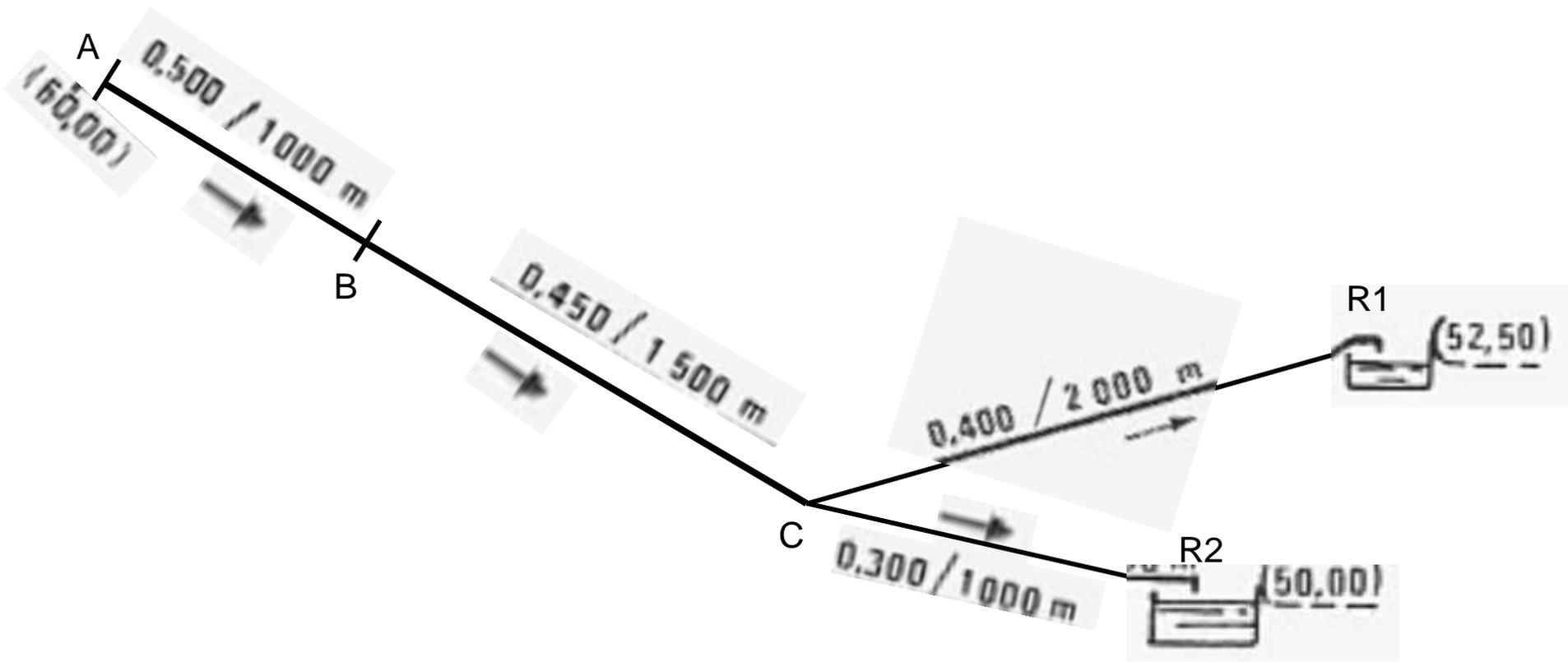
	DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,250 m			DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,300 m			DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,350 m			DIAMETRE DE LA CONDUITE 0,400 m		
	Section de la conduite 0,0490875 m <sup>2</sup>			Section de la conduite 0,070686 m <sup>2</sup>			Section de la conduite 0,0962115 m <sup>2</sup>			Section de la conduite 0,125664 m <sup>2</sup>		
	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.	Charges par mètre de longueur de conduite		Débit en litres/sec.
	$k=10^{-4}$	$k=2.10^{-3}$		$k=10^{-4}$	$k=2.10^{-3}$		$k=10^{-4}$	$k=2.10^{-3}$		$k=10^{-4}$	$k=2.10^{-3}$	
0,01			0,490 9			0,706 9			0,962 1			1,256 1
0,05	0,000 017	0,000 022	2,454 4	0,000 014	0,000 018	3,534 3	0,000 011	0,000 014	4,810 6	0,000 010	0,000 012	6,283 2
0,10	0,000 060	0,000 081	4,908 7	0,000 048	0,000 064	7,068 6	0,000 039	0,000 052	9,621 1	0,000 033	0,000 044	12,566 4
0,15	0,000 122	0,000 175	7,363 1	0,000 097	0,000 139	10,602 9	0,000 081	0,000 112	14,431 7	0,000 068	0,000 094	18,849 6
0,20	0,000 204	0,000 305	9,817 5	0,000 163	0,000 241	14,137 2	0,000 135	0,000 195	19,242 3	0,000 115	0,000 164	25,132 8
0,25	0,000 303	0,000 469	12,271 9	0,000 244	0,000 370	17,671 5	0,000 203	0,000 298	24,052 9	0,000 172	0,000 253	31,416 0
0,30	0,000 424	0,000 668	14,726 2	0,000 339	0,000 527	21,205 8	0,000 282	0,000 425	28,863 4	0,000 239	0,000 360	37,695 2
0,35	0,000 563	0,000 902	17,180 6	0,000 450	0,000 711	24,740 1	0,000 374	0,000 574	33,674 0	0,000 317	0,000 485	43,982 4
0,40	0,000 720	0,001 173	19,635 0	0,000 574	0,000 925	28,274 4	0,000 477	0,000 747	38,484 6	0,000 406	0,000 631	50,265 6
0,45	0,000 890	0,001 477	22,089 4	0,000 712	0,001 164	31,808 7	0,000 594	0,000 941	43,295 2	0,000 506	0,000 795	56,548 8
0,50	0,001 080	0,001 815	24,543 7	0,000 864	0,001 431	35,343 0	0,000 721	0,001 157	48,105 7	0,000 615	0,000 978	62,832 0
0,55	0,001 286	0,002 188	26,998 1	0,001 031	0,001 725	38,877 3	0,000 860	0,001 396	52,916 3	0,000 732	0,001 180	69,115 2
0,60	0,001 512	0,002 594	29,452 5	0,001 215	0,002 046	42,411 6	0,001 009	0,001 657	57,726 9	0,000 858	0,001 400	75,398 4
0,65	0,001 753	0,003 034	31,906 9	0,001 411	0,002 393	45,945 9	0,001 172	0,001 942	62,537 5	0,000 996	0,001 640	81,681 6
0,70	0,002 013	0,003 511	34,361 2	0,001 622	0,002 769	49,480 2	0,001 348	0,002 252	67,348 0	0,001 146	0,001 899	87,964 8
0,75	0,002 294	0,004 024	36,815 6	0,001 845	0,003 170	53,014 5	0,001 533	0,002 584	72,158 6	0,001 305	0,002 177	94,248 0
0,80	0,002 586	0,004 573	39,270 0	0,002 079	0,003 603	56,548 8	0,001 730	0,002 940	76,969 2	0,001 472	0,002 473	100,531 2
0,85	0,002 896	0,005 159	41,724 4	0,002 326	0,004 064	60,083 1	0,001 936	0,003 320	81,779 8	0,001 648	0,002 790	106,814 4
0,95	0,003 571	0,006 440	46,633 1	0,002 866	0,005 076	67,151 7	0,002 383	0,004 147	91,400 9	0,002 026	0,003 485	119,384 0
1,00	0,003 935	0,007 136	49,087 5	0,003 157	0,005 624	70,686 0	0,002 626	0,004 595	96,211 5	0,002 233	0,003 861	125,664 0
1,05	0,004 315	0,007 867	51,541 8	0,003 461	0,006 200	74,220 3	0,002 878	0,005 065	101,022 1	0,002 447	0,004 257	131,940 0
1,10	0,004 712	0,008 634	53,996 2	0,003 778	0,006 804	77,754 6	0,003 142	0,005 559	105,832 6	0,002 672	0,004 672	138,216 0
1,15	0,005 123	0,009 437	56,450 6	0,004 110	0,007 438	81,288 9	0,003 417	0,006 077	110,643 2	0,002 905	0,005 106	144,512 0
1,20	0,005 555	0,010 276	58,905 0	0,004 457	0,008 112	84,823 2	0,003 701	0,006 616	115,453 8	0,003 147	0,005 560	150,818 0

### Exercice 3

- 4 – Un tronçon de conduite de transit est composé comme suit :
- 1 000 m de conduite de 0,500 m
  - 1 500 m de conduite de 0,450 m à la suite du  $\varnothing$  0,500 m précédent.

A l'extrémité A de ces deux canalisations, partent deux autres conduites alimentant chacune un réservoir : une conduite de 0,400 m sur 2 000 m alimente un réservoir à la cote (52,50) et une conduite de 0,300 m sur 1 000 m alimente un autre réservoir à la cote (50,00).

Sachant que la cote piézométrique au départ du  $\varnothing$  0,500 m est de (60,00) trouver le débit en  $m^3/j$  transité dans ces conditions par l'ensemble du dispositif ainsi que le débit qui arrive en  $m^3/j$ , à chacun des réservoirs. On prendra :  $k = 2,10^{-3} m$ .



$$HR1 = ZR1 + PR1 / Rg$$

$$PR1 / Rg = 0$$

$$HR1 = ZR1$$

$$HC = HR1 + JCR1$$

$$JCR1 = HC - HR1$$

$$HC = 55 \text{ m}$$

## Solution

Pour déterminer le débit dans les conduites; on doit déterminer les pertes de charge dans les conduites et à l'aide des tables de Cole brook; on détermine le débit correspondant

On commence par écrire les équations de charge pour chaque tronçon:

Pour le tronçon AB:

$$H_A = H_B + J_{AB} \quad \text{donc} \quad J_{AB} = H_A - H_B$$

Avec :  $H_A = 60,00 \text{ m}$

Mais :  $H_B = \text{inconnue}$

Par conséquent on peut pas calculer  $J_{AB}$

Pour résoudre ce problème:

soit on utilise la méthode graphique;

Soit on fait une proposition de la valeur de  $H_B$

La proposition de la valeur de  $H_B$  doit être faite d'une façon logique; et on doit à la fin vérifier que cette proposition est juste !!

On commence par la valeur :

$$\underline{H_B = 58 \text{ m}}$$

$$\text{donc } J_{AB} = H_A - H_B = 60 - 58 = 2 \text{ m}$$

$$\text{D'où } j_1 = 0,002$$

$$j_1 = 0,002 \text{ correspond au débit } Q_1 = ?$$

Les tables de Colebrook donnent pour le diamètre 500 mm:

$$j_2 = 0,002093 \text{ qui correspond au débit } Q_2 = 166,9 \text{ l/s}$$

$$\text{En appliquant l'équation suivante: } \frac{j_1}{j_2} = \frac{q_1^2}{q_2^2}$$

On trouve :  $Q_1 = 163,15 \text{ l/s}$  c'est le débit qui circule entre A et B

Pour le tronçon BC:

$$H_B = H_C + J_{BC} \quad \text{donc} \quad H_C = H_B - J_{BC}$$

Avec :  $H_B = 58,00 \text{ m}$

On doit calculer  $J_{BC}$

$Q_1 = 163,15 \text{ l/s}$  correspond à une perte de charge  $j_1 = ?$

Les tables de Colebrook donnent pour le diamètre 450 mm:

Le débit  $Q_2 = 166,99 \text{ l/s}$  qui correspond au  $j_2 = 0,003652$

En appliquant l'équation suivante:

$$\frac{j_1}{j_2} = \frac{q_1^2}{q_2^2}$$

On trouve :  **$j_1 = 0,003486$**

Donc  $J_{BC} = 0,003486 * 1500 = \mathbf{5,22 \text{ m}}$

donc  $H_C = H_B - J_{BC} = 58 - 5,22 = \mathbf{52,78 \text{ m}}$

Puisqu'on a fait une supposition de la charge au point B ; donc on doit vérifier si cette supposition est juste ou non !!!

Dans ce cas on va calculer le débit qui va vers R1 et le débit qui va vers R2; si la somme de ces deux débits est égale à 163,15 l/s donc la supposition de  $H_B = 58$  m est Juste si non on doit recommencer la même chose avec une autre valeur de  $H_B$

Calcul du débit entre C et R1

$$H_C = H_{R1} + J_{CR1} \quad \text{donc} \quad J_{CR1} = H_C - H_{R1}$$

$$J_{CR1} = 52,78 - 52,50 = 0,28 \text{ m}$$

$$j_{CR1} = 0,00014$$

$j_1 = 0,00014$  correspond au débit  $Q_1 = ?$

Les tables de Colebrook donnent pour le diamètre 400 mm:

$j_2 = 0,000164$  qui correspond au débit  $Q_2 = 25,13$  l/s

En appliquant l'équation suivante:

$$\frac{j_1}{j_2} = \frac{q_1^2}{q_2^2}$$

On trouve :  **$Q_1 = 23,22$  l/s** c'est le débit qui circule entre C et R1

Calcul du débit entre C et R2

$$H_C = H_{R2} + J_{CR2} \quad \text{donc} \quad J_{CR2} = H_C - H_{R2}$$

$$J_{CR1} = 52,78 - 50,00 = 2,78$$

$$j_{CR1} = 0,00278$$

$j_1 = 0,00278$  correspond au débit  $Q_1 = ?$

Les tables de Colebrook donnent pour le diamètre 300 mm:

$j_2 = 0,002769$  qui correspond au débit  $Q_2 = 49,48$  l/s

En appliquant l'équation suivante:

$$\frac{j_1}{j_2} = \frac{q_1^2}{q_2^2}$$

On trouve :  **$Q_1 = 49,57$  l/s** C'est le débit entre C et R2

vérification de la proposition

$Q_T = 163,15 \text{ l/s}$  calculer entre A et C doit être égale à la somme des deux débits calculés entre CR1 et CR2:

$$163,15 \text{ l/s} > 23,22 \text{ l/s} + 49,57 \text{ l/s} = 72,79$$

Donc la proposition faite au point B n'est pas juste; il faut faire une nouvelle proposition !

### Exercice 3

**11** — Deux conduites de transit AB et CB se rejoignent en B. A partir de ce point, fait suite une canalisation unique BE, de transit également ; sur cette dernière conduite, un manomètre est fixé en D.

Les diamètres, longueurs, cotes piézométriques, sont indiqués ci-après :

Conduite AB : longueur : 1 000 m ; diamètre 0,300 m ; cote piézométrique en A : (75,00).

Conduite CB : longueur : 2 000 m ; diamètre : 0,400 m ; cote piézométrique en C : (80,00).

Conduite BE : longueur supérieure à 2 000 m ; diamètre : 0,450 m.

Manomètre en D tel que :  $BD = 2\,000$  m. Altitude du sol en D : (50,00).

Pour une pression au sol de 15,00 m d'eau donnée par le manomètre, donner la répartition des débits dans les différentes canalisations :

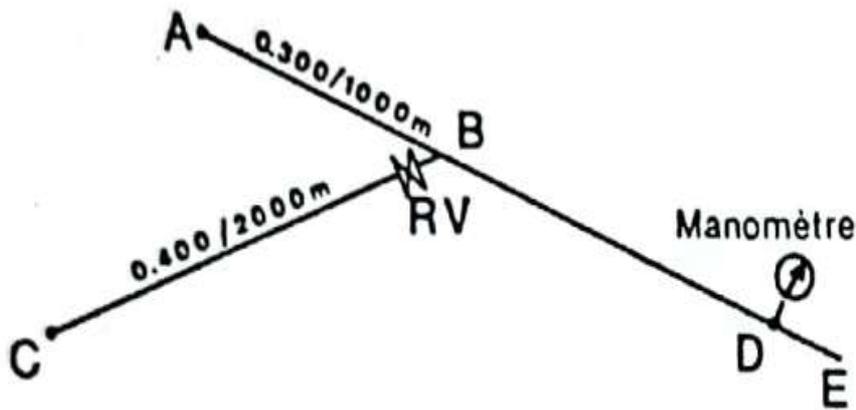
1°) dans le cas où le robinet-vanne sur CB est grand ouvert.

2°) dans le cas où le robinet est fermé à 85 %. On admettra que la perte de charge dans le robinet est donnée par l'expression :

$$J = 72 \frac{V^2}{2g}$$

si  $V$  est la vitesse de l'eau dans la conduite libre.

$$k = 2 \text{ mm}$$



## Question 1

Pour le tronçon AB:

On fait une proposition de HB

On commence par la valeur :

$$\underline{H_B = 71 \text{ m}}$$

$$\text{donc } J_{AB} = H_A - H_B = 75 - 71 = 4 \text{ m}$$

$$\text{D'où } j_1 = 0,004$$

Cette proposition ne donne pas de solution juste

Dans ce cas on change la valeur de:

$$\underline{H_B = 72,7 \text{ m}}$$

$$\text{donc } J_{AB} = H_A - H_B = 75 - 72,7 = 2,3 \text{ m}$$

$$\text{D'où } j_1 = 0,0023$$

Par suite on trouve  $Q = 46 \text{ l/s}$

Pour le tronçon CB:

$$\underline{H_B = 72,7 \text{ m}}$$

$$\text{donc } J_{CB} = H_C - H_B = 80 - 72,7 = 7,3 \text{ m}$$

$$\text{D'où } j_1 = 0,00365$$

Par suite on trouve  $Q = 121 \text{ l/s}$

En principe si notre proposition est juste; le débit dans le tronçon BD est égale à la somme des deux débits (dans la conduite AB et la conduite CB).

$$\underline{H_B = 72,7 \text{ m}}$$

$$\text{donc } J_{BD} = H_B - H_D = 72,7 - 65 = 7,3 \text{ m}$$

$$\text{D'où } j_1 = 0,00385$$

Par suite on trouve  $Q = 167 \text{ l/s}$

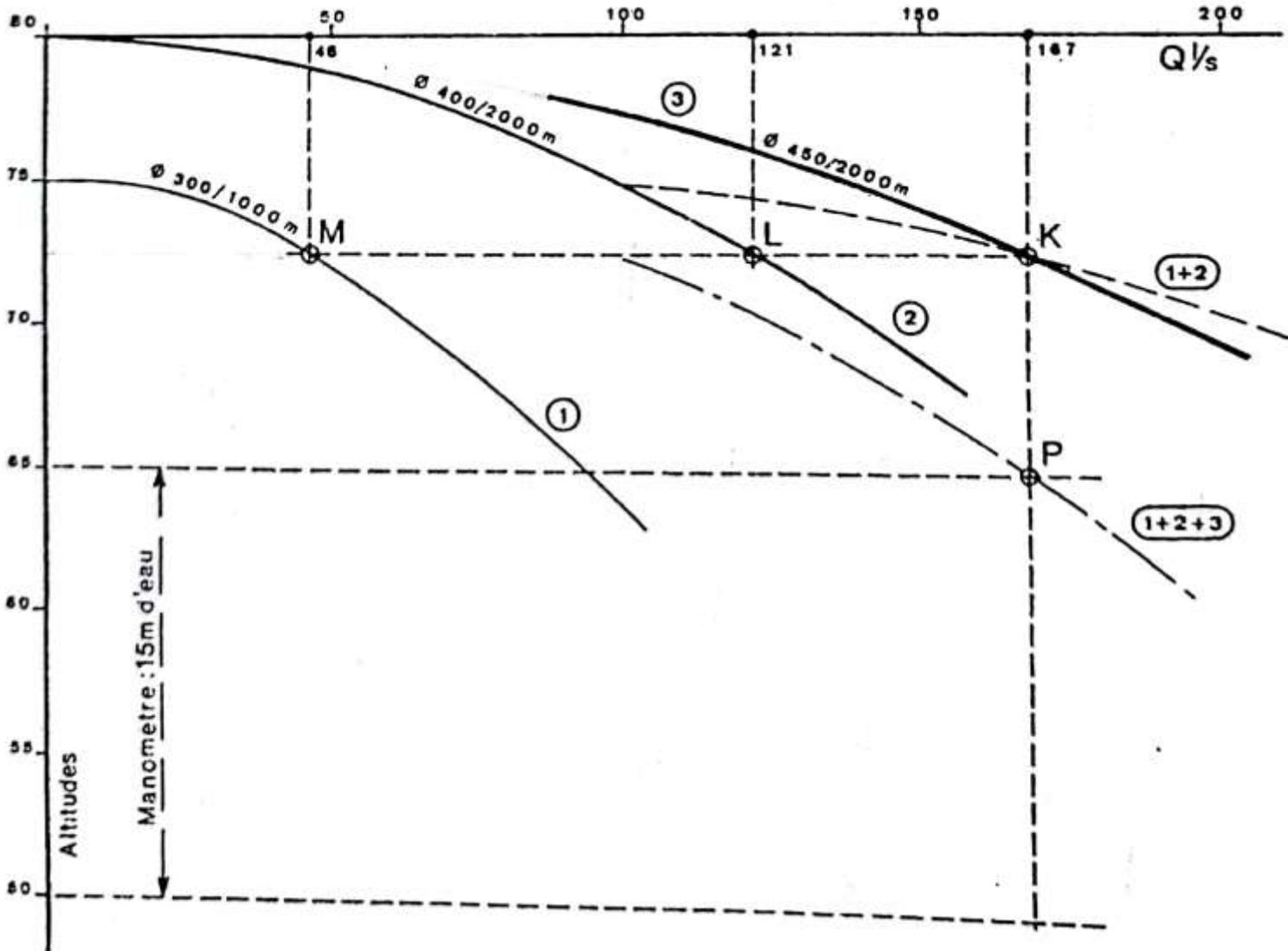
$$\text{Donc : } 121 + 46 = 167 \text{ l/s}$$

La condition est bien vérifiée et la proposition  $\underline{H_B = 72,7 \text{ m}}$  est juste

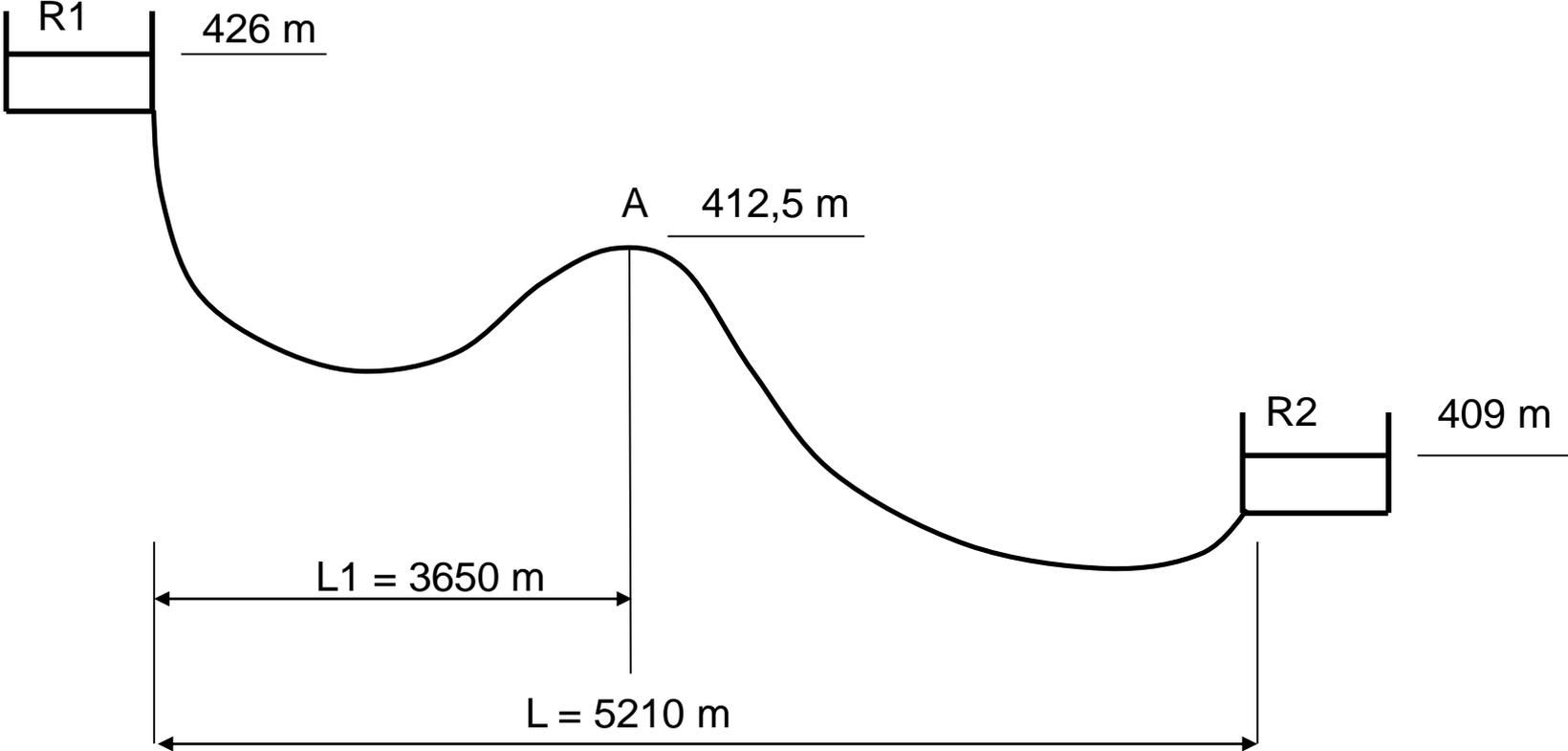
$$J = 72 \frac{V^2}{2g}$$

$$v = \frac{Q}{S}$$

$$J = 235 Q^2$$



**Exercise 4**



Deux réservoirs R1 et R2 sont reliés par une conduite de diamètre 300 mm. Les données sont indiquées sur le schéma.

Avec  $k = 0,1 \text{ mm}$ .

1. Calculer la débit entre R1 et R2
2. Calculer la pression au point A. Commenter le résultat.