Une citerne destinée au transport d'eau permet d'alimenter un réservoir $R_1$

Données : Masse volumique de l'eau $\rho = 10^3$ kg.m$^{-3}$
Viscosité dynamique de l'eau $\eta = 10^{-3}$ Pl
Intensité du champ de pesanteur $g = 10$ m.s$^{-2}$
pression atmosphérique $p = 10^5$ Pa

Première partie

<u>On négligera, dans cette partie, toute perte de charge</u>

Une citerne pleine est stationnée sur la plate-forme et on la siphonne pour effectuer son vidage.

Un tuyau cylindrique, considéré comme une canalisation régulière, plonge pratiquement jusqu'au fond (point $A$) de la citerne, remonte en un point $B$ où il est suspendu à une potence, puis débouche à l'air libre au point $C$, au-dessus de la cuve $R_l$. Tous ces points figurent sur le document n°1.

1. 1) Au tout début de l'écoulement, sachant que la citerne est ouverte à l'air libre, établir l'expression littérale puis calculer la vitesse $v_o$ d'éjection du fluide en $C$. En déduire le débit-volume, noté $Q_{vo}$ (on appliquera l'équation de Bernoulli entre les points $L_0$ et $C$).

1-2)On rappelle qu'il y a risque de capitation dans une canalisation si la pression en un point de l'écoulement devient trop faible et atteint la pression de vapeur saturante $p_{vs}$ du fluide qui circule. A cette température, $p_{vs} = 2\,500$ Pa.
Exprimer, puis calculer, en appliquant l'équation de Bernoulli, la hauteur théorique maximale à laquelle on peut porter le point $B$ de la conduite en évitant ce type de risque.

1.3) En fait, au cours de la vidange, le niveau supérieur du liquide baisse. On note alors $z$ la nouvelle cote à un instant $t$.
Que devient alors l'expression du débit-volume $q_v(t)$ en fonction de $d$, $g$, $z$ et $z_C$ ?

1.4) On se propose d'étudier les variations de $z$ en fonction du temps. Pour cela on examinera

- la variation d$V$ du volume contenu dans la citerne en fonction d'une variation d$z$ de cote du niveau supérieur.
- la variation d$z$ de la cote en fonction du temps d$t$.

En introduisant la vitesse d'écoulement $v(t)$ on établira l'équation différentielle solution du problème.

1.5) Par intégration de cette équation différentielle on calculera le temps nécessaire au emplissage du récipient $R_l$.

On remarquera qu'à l'instant initial ($t = 0$) $z = z_{LO}$ et que lorsque $R_1$ est plein le niveau de liquide dans la citerne est $z_x$ calculable.

**Deuxième partie :**

On s'intéresse maintenant à l'étude d'une estimation de la perte de charge.

Afin de simplifier, l'étude, et du fait que le débit-volume varie peu, on posera pour sa suite $q_v$ = Cte.

Du fait des pertes de charge, sa valeur moyenne est $q_v = 3,14.10^{-2}$ .m$^3$.s$^{-1}$

2-1) Calcul de la perte de charge régulière

On rappelle : $J_r = \dfrac{v^2 L \lambda}{2gd}$

2.1.1) A l'aide d'une étude sommaire des équations aux dimensions, préciser la dimension de $J_r$.

2.1.2) Déduire du nombre de Reynolds la nature de l'écoulement dans cette canalisation.

2.1.3) La hauteur moyenne des aspérités est: $\varepsilon$ = 0,01 mm.
Déterminer le coefficient de perte de charge $\lambda$ dans la canalisation. Le candidat exploitera les abaques de Colebrook (document n°2,) et fera apparaître, sans ambiguïté, sur sa copie la méthode de recherche de $\lambda$

Calculer la perte de charge régulière totale $J_r$ en mètres.

2.2) Calcul de la perte de charge singulière

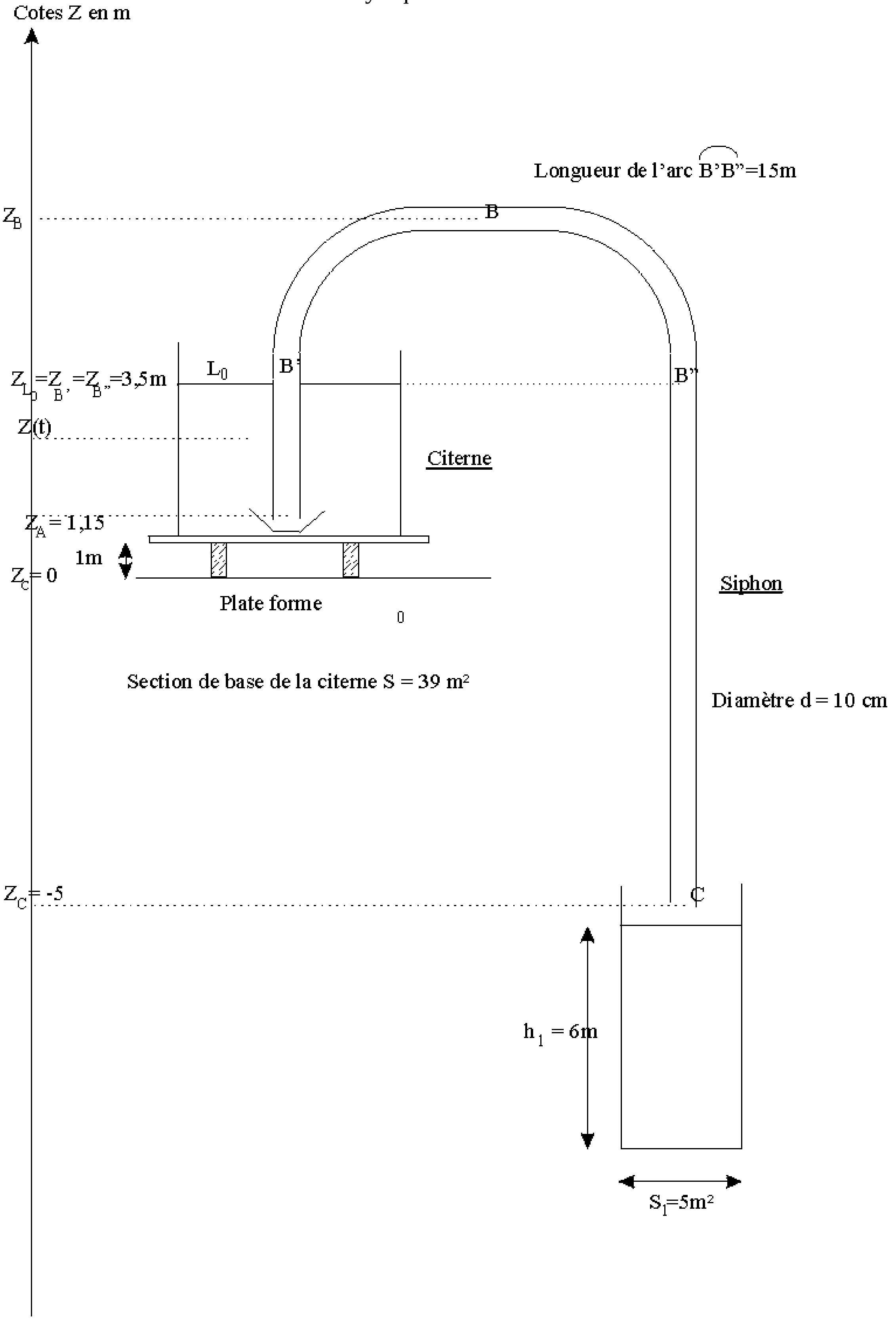
On rappelle $J_s = \dfrac{v^2 \quad K}{2g}$

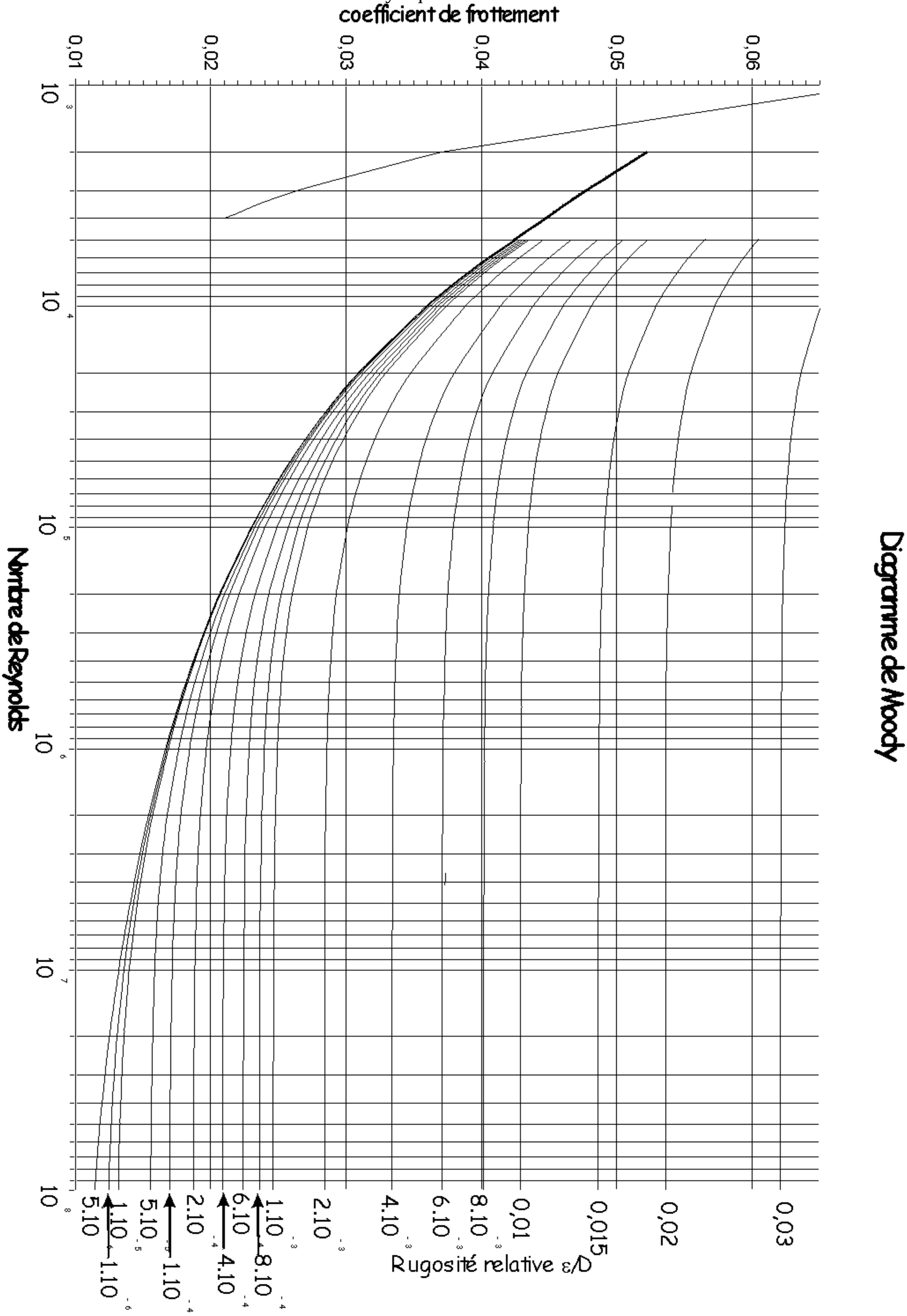
2.2.1) Quelle est la dimension de $J_s$ sachant que $K$ est un coefficient sans dimension caractérisant chaque singularité.

2.2.2) Pour réaliser cette installation et protéger le réservoir, on a été amené à introduire des singularités.
Les coefficients $K$ sont donnés ci-dessous
en $A$ : une crépine de coefficient $K$=4 et une section contractée de coefficient $K$=0,4
en $B'$ et $B''$ : deux coudes légers de coefficient $K$=0,2.
Calculer la perte de charge singulière totale $J_s$.

2.2.3) Evaluer la perte de charge totale de l'installation et la puissance perdue de ce fait.

2.2.4) Le point $B$ étant situé à la cote $z_B$ = 4,75m, et le débit-volume ayant toujours pour valeur $q_v = 3,14.10^{-2}$ m$^3$.s$^{-1}$ que devient la pression au point $B$ si l'on tient compte de la perte de charge dans cette canalisation ?
Conclure quant à l'influence de cette perte de charge sur le risque de cavitation.


Cotes Z en m
Longueur de l'arc B'B"=15m
$Z_B$
B
$Z_{L_0}=Z_{B'}=Z_{B''}=3,5$m
$L_0$
B'
B"
Z(t)
Citerne
$Z_A = 1,15$
1m
$Z_C = 0$
Plate forme
0
Siphon
Section de base de la citerne S = 39 m²
Diamètre d = 10 cm
$Z_C = -5$
C
$h_1 = 6$m
$S_1=5$m²


coefficient de frottement
0,01
0,02
0,03
0,04
0,05
0,06
Nombre de Reynolds
Diagramme de Moody
Rugosité relative ε/D
0,03
0,02
0,015
0,01
8.10⁻³
6.10⁻³
4.10⁻³
2.10⁻³
1.10⁻³
8.10⁻⁴
6.10⁻⁴
4.10⁻⁴
2.10⁻⁴
1.10⁻⁴
5.10⁻⁵
1.10⁻⁵
1.10⁻⁶
5.10⁻⁶

Document n° 2 : Abaque de Colebrook

## Exercice 1

On réalise le dosage pHmétrique de 10 mL des deux acides $HA_1$ et $HA_2$ par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration 0,l

On obtient les tableaux de mesures suivants :

($V_b$ représente le volume d'hydroxyde de sodium versé exprimé en mL)

pour l'acide $HA_1$

| $V_b$ | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 9 | 9,9 | 10 | 10,1 | 12 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | 1 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 2 | 2,3 | 3,3 | 7 | l0,7 | 12 | 12,3 |

pour l'acide $HA_2$

| $V_b$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 9,9 | 10 | 10,1 | 11 | 12 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | 2,9 | 3,8 | 4,2 | 4,4 | 4,6 | 4,8 | 5 | 5,2 | 5,4 | 5,8 | 6,8 | 8,7 | 10,7 | 11,7 | 12 | 12,3 |

l- Faire un schéma annoté du dispositif expérimental.

2- Tracer pour les deux acides, sur un même graphique, les courbes pH = f($V_b$).

Echelle : 1cm pour une unité pH et 1 cm pour 1 mL

3- Déterminer les coordonnées des deux point d'équivalence.

4- Calculer les concentrations des deux acides.

5- L'un des acides est fort, l'autre est faible. Identifier ces 2 acides en comparant :

a) les pH à l'équivalence

b) les pH initiaux (pour cela calculer le pH d'un acide fort ayant la (les) concentrations trouvées au 4°.

c) l'allure des courbes.

6- En justifiant la démarche suivie, déduire du dosage la valeur du pKa de l'acide faible.

## Exercice 2

Un alcène gazeux possède une densité par rapport à l'air égale à 1,93.

Rappel:

$d=M/29$

d : densité du gaz

M : masse molaire moléculaire du gaz, exprimée en $g.mol^{-1}$

l- Donner la formule brute générale d'un alcène.

2- Calculer la masse molaire moléculaire de l'alcène étudié. En déduire sa formule brute.

3- Donner les formules développées de 3 isomères possédant cette formule brute (on ne tiendra pas compte de l'isomérie Z-E).

Nommer ces composés dans la nomenclature officielle.

4- On réalise l'addition d'une molécule de dichlore sur un des isomères linéaires. Ecrire l'équation-bilan de la réaction.

Nommer le composé obtenu.

***Données :***

C: $12\ g.mol^{-1}$

H: $1\ g.mol^{-1}$