

B.T.S. T.P.I.L.
EPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES

PARTIE ELECTRICITE (durée conseillée : 1 h 20 min)

ETUDE D'UN CAPACIMETRE

Le candidat apportera le plus grand soin à la représentation des courbes sur le document réponse.

Le capacimètre étudié comporte deux monostables, deux filtres, un convertisseur analogique- numérique et un système d'affichage du résultat d'une conversion indiquant la valeur d'une capacité C_x . Chaque monostable est construit autour du circuit intégré TLC 555 (voir figures 1 et 2).

On donne la table de vérité de la bascule RS :

Q	S	Q	$\overline{Q}$
0	0	Q_0	$\overline{Q}_0$
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	X	X

On admet que les niveaux hauts des sorties de la bascule correspondent à $V_{DD} = 5V$ et que les niveaux bas correspondent à $0V$. De plus lorsque $\overline{Q}$ est à l'état haut le transistor Tr est saturé et lorsque $\overline{Q}$ est à l'état bas Tr est bloqué.

Les monostables sont commandés par une horloge qui fournit un signal φ_i évoluant entre $0V$ et V_{DD} , ayant une durée à l'état bas $t_l = 10 \text{ ms}$ et une période $T = 16 \text{ ms}$ (voir document réponse).

Les durées des états instables (T_W pour le monostable 1 et T'_W pour le monostable 2) sont supérieures à t_l .

1 Etude des monostables figure 1

1.1 $t = 0^-$. Le condensateur C_1 est déchargé et $v_H = V_{DD}$.

1.1.1 Déterminer le potentiel v_A du point A, le potentiel v_B du point B ainsi que la tensions u_c . En déduire les états logiques des entrées R et S de la bascule. Quel est l'état du transistor Tr? Que vaut la tension v?

1.2 $t = 0^+$. $v_H = 0$.

1.2.1 Déterminer les états logiques de R, S, Q et $\bar{Q}$. Quel est l'état du transistor Tr? Que vaut la tension v?

1.2.2 Etablir l'équation différentielle liant $\frac{du_c}{dt}$ et u_c . En déduire l'expression instantanée de u_c .

1.2.3 On donne $R_1 = 47 \text{ k}\Omega$ et $C_1 = 1 \text{ nF}$, calculer u_c pour $t = t_1$. Quelle est la valeur de v à cet instant? Pour $t > t_1$, $v_H = V_{DD}$, quel est l'état de S ?

1.2.4 Exprimer en fonction de R_1 et C_1 l'instant T_W auquel la sortie Q commute (durée de l'état instable). Application numérique.

1.2.5 Tracer $u_c(t)$, et $v(t)$ sur le document réponse.

1.2.6 Exprimer la valeur moyenne $\langle v \rangle$ de v, sur une période, en fonction de T_W , T, et V_{DD} .

1.2.7 Déduire de ce qui précède l'expression de la durée de l'état instable T'_W du monostable 2 ainsi que la valeur moyenne $\langle v' \rangle$ de v' sur une période, en vous aidant de la figure 2 et en fonction de R_1 , C_1 et C_X .

2 Filtrage figure 2

2.1 Donner la fonction de transfert $\underline{H} = \frac{\underline{U}}{\underline{V}}$ du filtre R_2, C_2 . De quel type de filtre s'agit-il ?

Quelle est sa fréquence de coupure f_c ? On donne $C_2 = 22 \mu\text{F}$ et $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$.

2.2 Que représentent u et u' respectivement pour v et v' ?

2.3 Exprimer u_1 en fonction de $\langle v \rangle$ et $\langle v' \rangle$, puis en fonction de C_x . Application numérique.

2.4 Un système interne, non représenté, limite les valeurs de T_w et T'_w de telle manière que u_1 reste inférieur à 4,14V qui représente la tension pleine échelle U_{1PE} du CAN. Quelle est la valeur correspondante de C_x ?

3 CAN

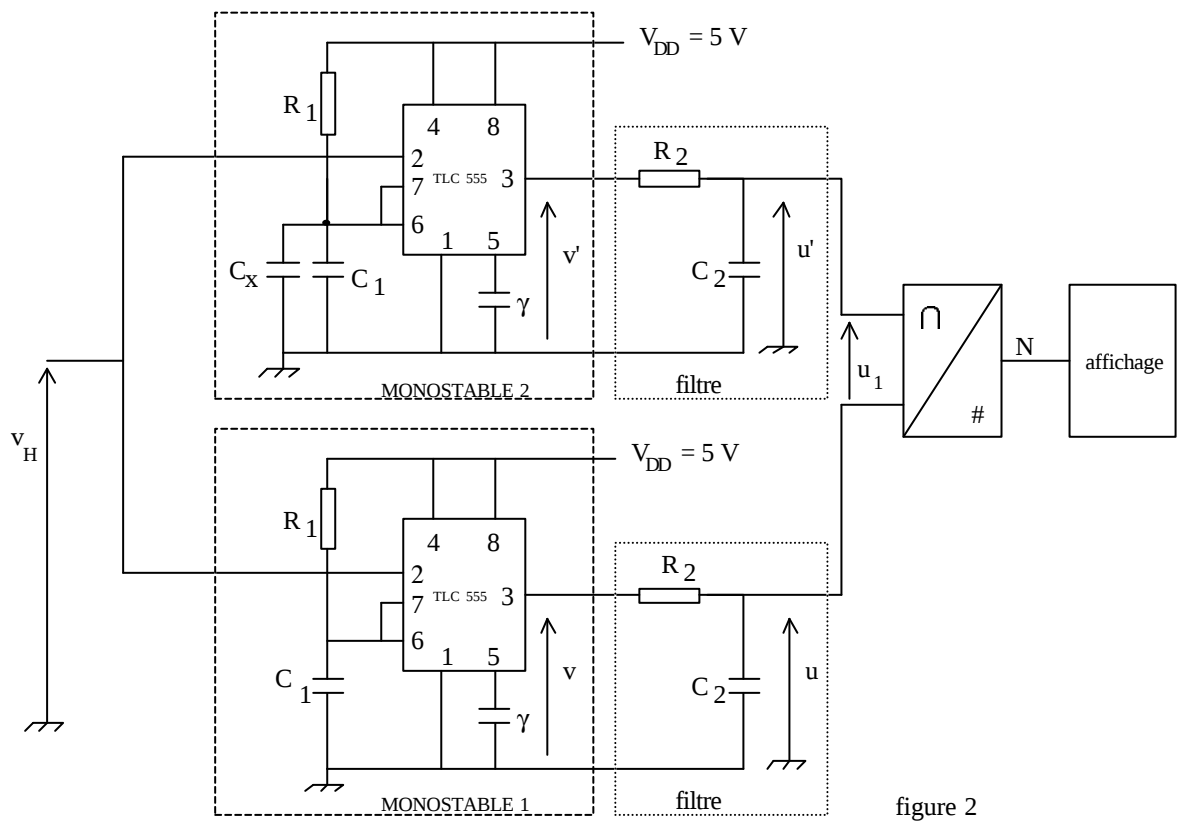
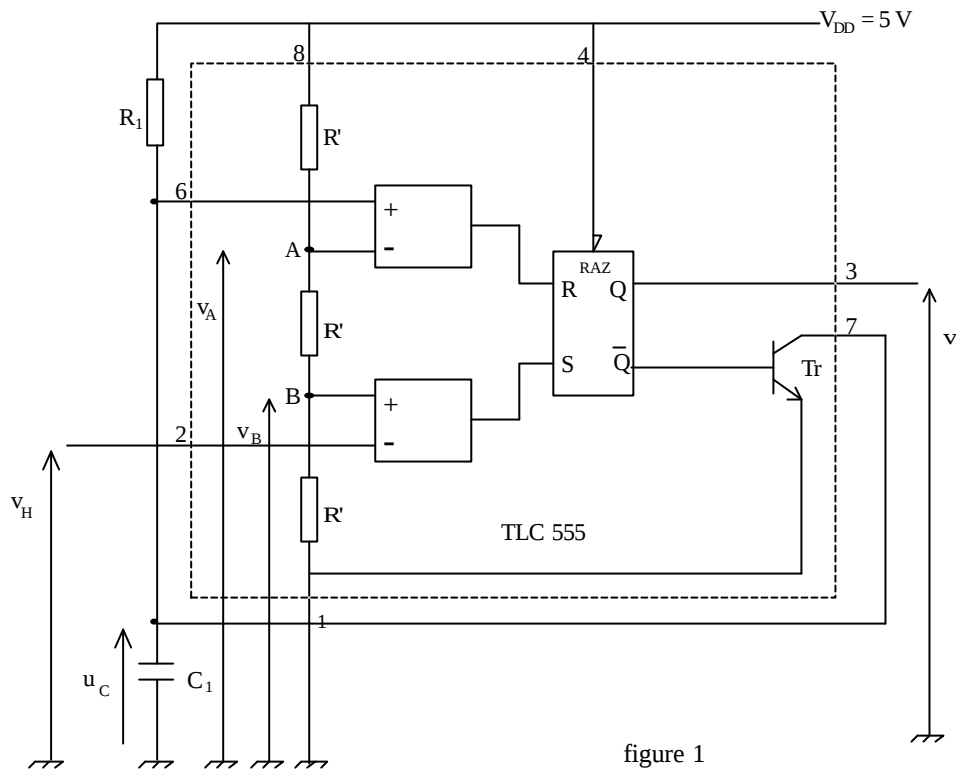
Le CAN utilisé possède 8 bits ($n = 8$) ; il reçoit sur son entrée la tension u_1 et fournit à sa sortie un nombre N qui peut être affiché.

3.1 Quel est le nombre maximum N_{max} qui peut être affiché ?

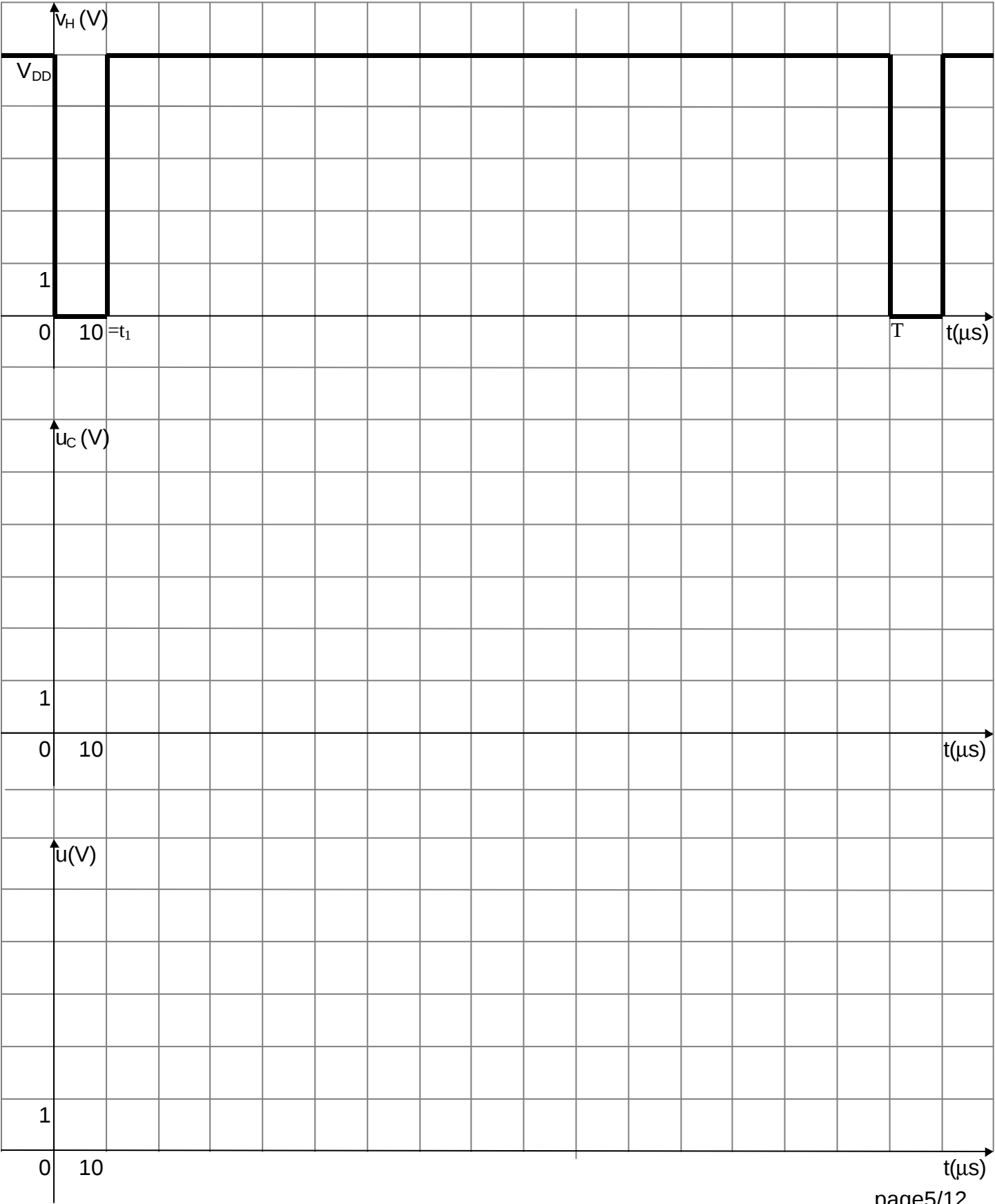
3.2 Quelle est la résolution numérique r du convertisseur ?

3.3 Pour $C_x = 68 \text{ nF}$, quelle est la valeur de u_1 ? Quel est le nombre N affiché ?

3.4 Donner la relation entre N et C_x avec C_x exprimé en nF.



DOCUMENT-REPONSE
A rendre avec la copie



PARTIE OPTIQUE (durée conseillée : 1h 20 min)

Etude du principe d'un spectrophotomètre .

I - Etude d'un monochromateur à prisme

I -1 Soient I_0 et I les intensités lumineuses avant et après le passage dans une cuve d'absorption. Définir la transmittance T et l'absorbance A . Quelle est l'expression de l'absorbance dans le cas d'une solution diluée. Justifier l'utilisation d'un monochromateur.

I - 2 Dans le monochromateur on utilise un prisme taillé dans un matériau dont l'indice est donné en fonction de la longueur d'onde dans le tableau 1.

Lorsque i varie, l'angle de déviation D passe par un minimum pour lequel le rayon émergent et le rayon incident se déduisent par une simple rotation de 90° .

Le prisme est placé dans le montage représenté sur la figure 1. Ce montage comprend un collimateur composé d'un objectif O_1 de distance focale $f'_1 = 30$ cm et d'une fente F de largeur $l = 0,1$ mm centrée au foyer objet de l'objectif, et d'un objectif O_2 identique à O_1 dans le plan focal duquel est placé un écran. Dans la suite on négligera les effets de la diffraction.

I -3- 1 On éclaire la fente avec une lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda_1 = 578$ nm. Le prisme est réglé au minimum de déviation pour cette longueur d'onde. Montrer que l'angle d'incidence est de $51^\circ 18'$.

I -3 - 2 Pour ces conditions, calculer di'/di et en déduire la largeur de l'image F' de la fente.

On remplace l'écran par la fente de sortie du monochromateur qui occupe exactement la position de l'image F' .

I -3 - 3 On éclaire la fente avec une lumière polychromatique, en conservant le même angle d'incidence. De combien doit-on déplacer la fente de sortie pour sélectionner une radiation de longueur d'onde $\lambda_2 = 435,8$ nm?

I - 4 Sur les monochromateurs à prisme, la fente est fixe et le prisme est mobile en rotation. On cherche à effectuer le spectre d'absorption d'un échantillon.

La mesure complète d'absorption, relative à une longueur d'onde, durant environ 3 secondes, déterminer le temps minimum d'obtention d'un spectre comportant 200 longueurs d'onde.

II Spectrophotomètre infrarouge séquentiel

II - 1 - 1 En spectroscopie IR on utilise le nombre d'onde $\sigma = 1/\lambda$.

On désire utiliser le spectrophotomètre dans le domaine des nombres d'onde compris entre 700 et 4000cm^{-1} . Déterminer le domaine de longueur d'onde correspondant.

II - 1 - 2 A l'aide des données du tableau n° 2 justifier l'utilisation d'un prisme en bromure de potassium. Quel est l'inconvénient de ce matériau?

En pratique, on utilise plutôt des spectrophotomètres à réseaux (que l'on n'étudiera pas ici) et des spectrophotomètres à transformée de Fourier.

III Spectrophotomètre à transformée de Fourier rapide.

Les composants du spectrophotomètre sont : une source, un détecteur, un interféromètre de Michelson et une cuve d'absorption. On négligera les effets de la lame séparatrice sur les chemins optiques et on considérera comme égales les intensités lumineuses des 2 faisceaux fournis par la séparatrice. (fig 2 et 3).

III - 1 On appelle I_0 l'intensité lumineuse reçue au niveau du détecteur en absence de la cuve d'absorption. Exprimer cette intensité en fonction de l'intensité lumineuse I_S du faisceau incident, de la distance $d = |BC-BD|$ et du nombre d'onde.

III - 2 - 1 On suppose que la source est monochromatique ; on place une cuve de substance absorbante de transmittance T_I . On admet que le passage dans la cuve ne modifie que l'intensité lumineuse. Exprimer la nouvelle intensité I , mesurée par le détecteur, en fonction de I_0 lorsque le miroir mobile est réglé de telle sorte que $d = 0$.

III - 2 - 2 La source émet simultanément une autre longueur d'onde λ' de même intensité initiale, pour laquelle la transmittance est $T_{\lambda'}$. Exprimer l'intensité lumineuse I' détectée.

III - 2 - 3 Pourquoi l'intensité détectée est-elle modifiée lorsqu'on déplace le miroir mobile?

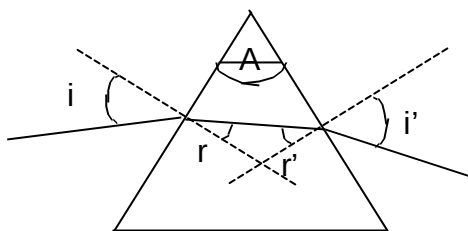
III - 3 Dans le cas d'une source comportant n longueurs d'onde, on obtient les n valeurs de T en réalisant les mesures d'intensité pour n différences de marche différentes. L'algorithme de calcul de transformée de Fourier rapide permet à partir de ces résultats et I_0 d'obtenir la représentation classique du spectre $A = f(\sigma)$. Le déroulement complet d'une mesure dure une dizaine de secondes.

On a obtenu l'enregistrement ci joint (fig 4) et on dispose du tableau 3 valable pour les absorptions.

L'échantillon étudié correspond-il à une cétone ou à un alcool? (*Les données permettent de répondre sans connaissance particulière de chimie.*)

Données pour la partie I :

$\sin i = n \cdot \sin r$
 $\sin i' = n \cdot \sin r'$
 $r + r' = A$
 $D = i + i' - A$



Tableaux:

tableau 1

λ en μm	0,4046	0,4358	0,4861	0,5086	0,5461	0,5780	0,6438	0,7065
n	1,590	1,581	1,572	1,568	1,564	1,561	1,556	1,552

tableau 2

Matériau	λ_{max} d'utilisation en μm	solubilité dans l'eau en g.L ⁻¹
verre	2,5	0
KBr	40	535

tableau 3

fonction	groupement	Bandes d'absorption en nombre d'ondes (cm ⁻¹)
alcool	OH libre	3600 - 3645
	OH lié	3200 - 3500
	élongation C-O	1000 - 1200
cétone	élongation C=O	1670 - 1740

fig 1

fig 2

fig 3

PARTIE THERMODYNAMIQUE et MECANIQUE
(durée conseillée : 1 h 20 min)

Un fluide incompressible de masse volumique ρ s'écoule en **régime permanent** (débit constant) et **laminaire** (hypothèse que l'on vérifiera à la fin du problème) à travers un tube de **section constante** droite circulaire de rayon R et de longueur ℓ . Ce fluide est immobile au contact des parois du tube, la vitesse croissant jusqu'à atteindre son maximum sur l'axe du tube. Soit v la vitesse à la distance r de l'axe. A noter que, en régime permanent, v n'est fonction que de r , soit $\mathbf{v}(r)$, et elle est dirigée dans le sens de l'écoulement.

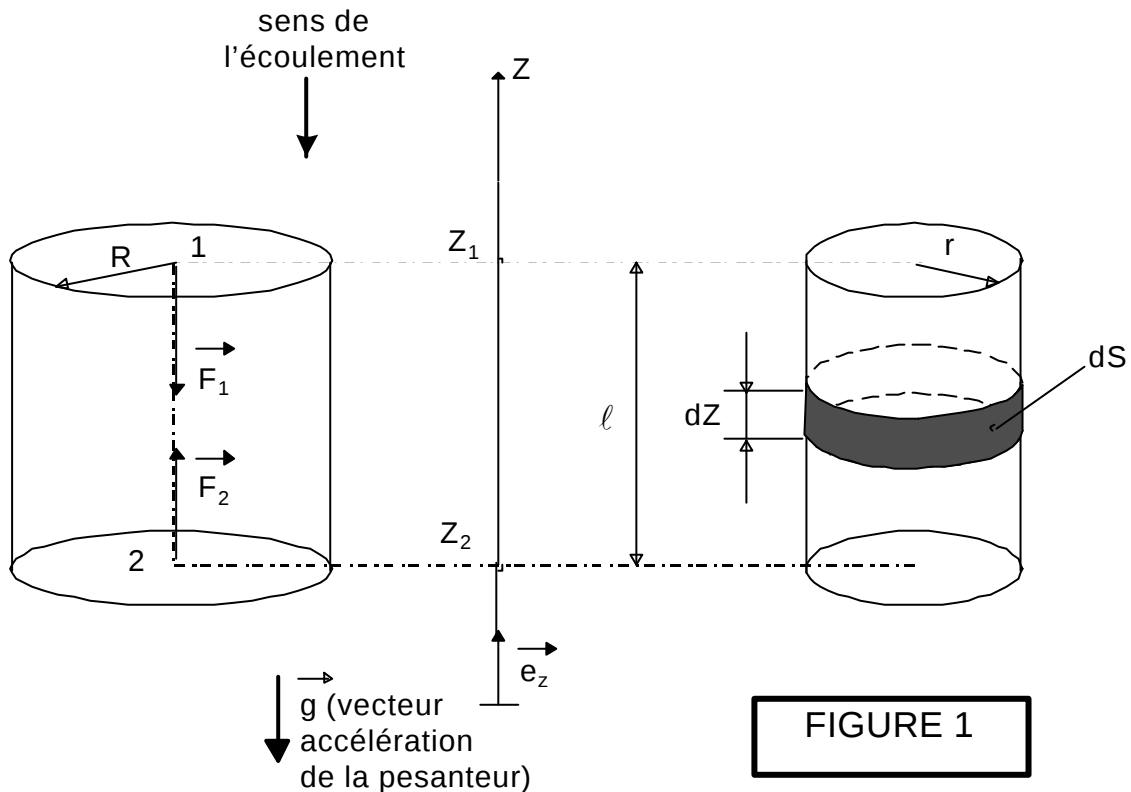


FIGURE 1

$\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ sont les forces pressantes s'exerçant sur les faces perpendiculaires à l'axe aux extrémités du tube de longueur ℓ et résultant des pressions statiques sur les faces 1 et 2, p_1 et p_2 .

Un cylindre de fluide de rayon r ($r \leq R$) (fig. 1) éprouve une résistance $\vec{f}_r$ de frottement visqueux dont l'expression sur une surface élémentaire dS est :

$$d\vec{f}_r = -\eta \cdot \left(\frac{dv}{dr} \right) \cdot dS \cdot \vec{e}_z \text{ avec } \eta : \text{coefficient de viscosité.}$$

Questions :

nota : Les résultats à démontrer sont parfois donnés dans la question et peuvent être utilisés pour la suite du problème.

1. Justifier que la somme des forces extérieures agissant sur le cylindre de rayon r est :

$$\left(\sum \vec{f}_{\text{ext}} \right)_{\text{cylindre de rayon } r} = \vec{0}$$

2.a) Donner l'expression de dS en fonction de r et de dz (fig.1)

b) Quel est le signe de $\frac{dv}{dr}$? Justifier.

c) Etablir l'expression de $\vec{f}_r$ quand z varie de z_1 à z_2 en considérant $\frac{dv}{dr}$ indépendant de z .

3. Etablir l'expression de la résultante des forces de pression $\vec{f}_e$ dues aux pressions statiques p_1 et p_2 sur le cylindre de fluide de rayon r (fig.1).

4. a) Faire le bilan des forces s'exerçant sur le cylindre de rayon r et de longueur ℓ .

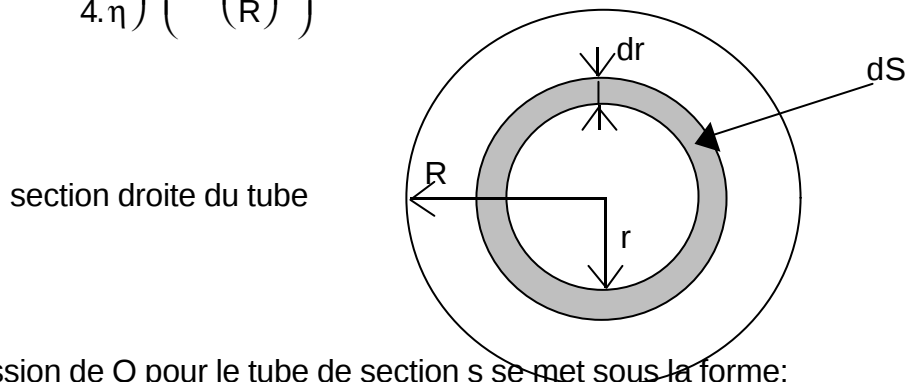
En vous aidant de la question 1, montrer que : $\frac{dv}{dr} = -\left(\frac{\omega}{2 \cdot \eta} \right) \cdot r$.

(On pose $\omega = \left(\frac{P_1 - P_2}{\ell} \right)$ avec $P_1 = p_1 + \rho \cdot g \cdot z_1$ et $P_2 = p_2 + \rho \cdot g \cdot z_2$.)

Etablir l'expression de v en fonction de r sachant que $v(R)=0$.

b) Donner l'expression du débit volumique élémentaire dQ à travers l'élément de surface $ds = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr$, en fonction de $v(r)$ et ds .

Puis, établir que $dQ = \left(2\pi \cdot R^2 \cdot \frac{\omega}{4 \cdot \eta} \right) \cdot \left(1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right) \cdot r \cdot dr$.



c) En déduire que l'expression de Q pour le tube de section s se met sous la forme:

$$Q = \left(\frac{\pi \cdot R^4}{8 \cdot \eta} \right) \cdot \omega.$$

5.Applications numériques :

Le fluide étudié est de l'eau à 20°C.

$$\rho = 10^3 \text{ kg.m}^{-3}, g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}, \ell = z_1 - z_2 = 5 \text{ cm}$$

diamètre du tube : $D = 10^{-4} \text{ m}$

$p_1 = 1,1 \cdot 10^5 \text{ N.m}^{-2}$ (pression statique exercée par une colonne d'eau à l'entrée du tube)

$p_2 = p_{\text{atm}} = 10^5 \text{ N.m}^{-2}$ (pression statique exercée par l'atmosphère)

a) Calculer $\omega = \frac{(P_1 - P_2)}{\ell}$.

b) La mesure expérimentale du débit volumique a donné $Q = 4,9 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Calculer η .

c) Sachant que la vitesse critique de l'écoulement du fluide est de 24 ms^{-1} , l'hypothèse de l'écoulement laminaire est-elle justifiée?

rappel : la vitesse critique représente la vitesse maximale pour laquelle l'écoulement reste laminaire.