

**Devoir de Synthèse du 2^{ème} Semestre
Physique**

Vendredi 03 Juillet 2020

- Les résultats littéraux devront être encadrés.
- Les résultats littéraux non homogènes entraîneront la perte de tous les points de la question.
- Les calculatrices sont autorisées.

⌘ Thermodynamique ⌘

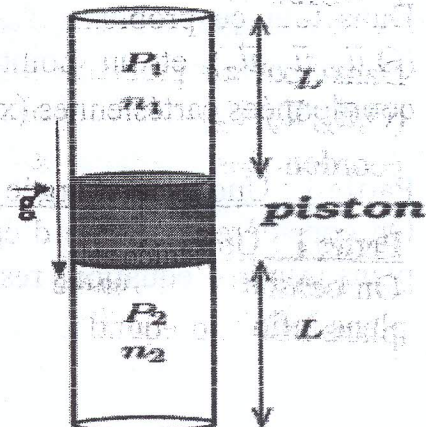
Problème 1

Un tube cylindrique vertical de section $s = 5 \text{ cm}^2$ est séparé en deux parties initialement de même longueur $L = 0,5 \text{ m}$ par un piston d'épaisseur négligeable et de masse $m = 100 \text{ g}$ qui coulisse sans frottement dans le tube.

Les deux compartiments contiennent respectivement n_1 et n_2 moles de gaz parfait à la température $T = 298 \text{ K}$. L'ensemble est conducteur de la chaleur et en équilibre thermique avec l'extérieur.

1. La pression P_1 du gaz contenu dans la partie supérieure a pour valeur $0,1 \text{ bar}$.

Déterminer la pression P_2 dans la partie inférieure et les quantités n_1 et n_2 (on donnera les expressions littérales et les valeurs numériques).



2. On retourne le tube de façon à placer le compartiment (1) en bas et le compartiment (2) en haut.

Le piston se déplace vers le bas d'une distance x . On note respectivement P'_1 et P'_2 les nouvelles pressions des compartiments (1) et (2). En tenant compte du nouvel état d'équilibre mécanique du piston et en écrivant la loi de gaz parfait relative à chaque compartiment, montrer que le déplacement x vérifie l'équation suivante :

$$n_1 RT(L + x) = n_2 RT(L - x) + mg(L^2 - x^2)$$

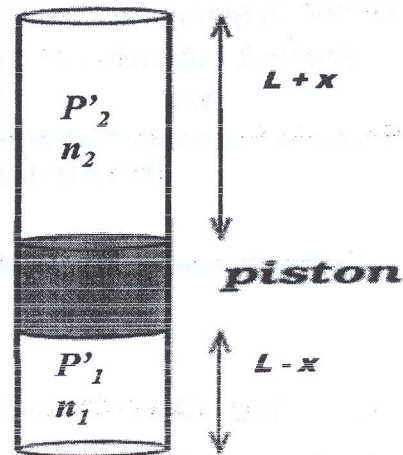
Déduire l'expression et la valeur numérique du déplacement x du piston.

3. Le retournement est effectué de manière quasi-statique. A votre avis, la transformation est-elle réversible ? Pour le vérifier on va étudier la transformation subie par les n_1 moles situées dans le compartiment qui est initialement en haut.

a) Déterminer le travail, puis la quantité de chaleur reçus par ces molécules durant la transformation. (On donnera les expressions littérales en fonction de n_1 , T , L et x . Les valeurs numériques ne sont pas demandées).

b) Déterminer la variation d'entropie de ces n_1 moles lors de la transformation.

c) Conclure sur la réversibilité ou l'irréversibilité de la transformation.



On prendra : $g=10 \text{ m.s}^{-2}$; $R=8.32 \text{ Jmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

∞ Electrostatique ∞

Problème2

Dans tout ce problème l'espace sera rapporté à un repère orthonormé direct $(O, \vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$ et un point quelconque M de l'espace sera repéré par ses coordonnées cartésiennes (x, y, z) .

Partie 1 : Une lame chargée en volume

On considère une lame d'épaisseur $e=2h$, chargée en volume et limitée par les plans infinis d'équations respectives $x = -h$ et $x = +h$; (figure 1).

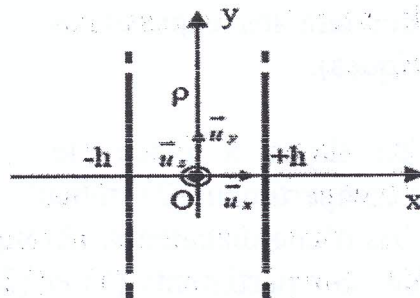


Figure 1

La lame est chargée uniformément en volume avec une densité ρ positive. Soit $\vec{E}_1(M)$ et $V_1(M)$ le champ et le potentiel électrostatiques créés en M par cette distribution de charges.

1. De quelles variables d'espace, le potentiel $V_1(M)$ dépend-il ?
2. Dédurre la forme des surfaces équipotentielles et des lignes de champ.
3. Montrer que $\vec{E}_1(M) = E_1(x)\vec{u}_x$ et $\vec{E}_1(-x) = -\vec{E}_1(x)$
4. Quelle est la forme de la surface fermée qui permet de calculer $\vec{E}_1(M)$ par application du théorème de Gauss.
5. Montrer que : $E_1(x) = \frac{\rho x}{\epsilon_0}$ si $|x| < h$
6. Déterminer $E_1(x)$ si $|x| > h$.
7. Que peut-on dire de la continuité du champ électrostatique
8. Dédurre le potentiel $V_1(M)$ en tout point de l'espace. On prendra $V_1(O)=0$.
9. Tracer les courbes de variations de E_1 et V_1 en fonction de x .
10. On se place dans le cas où l'épaisseur $2h$ est "très faible". La distribution de charges est alors assimilée au plan (Oyz) chargé en surface avec une densité uniforme σ .
 - a) Exprimer la densité surfacique σ en fonction de ρ et h .
 - b) Dédurre l'expression du champ et du potentiel électrostatiques $\vec{E}_p(M)$ et $V_p(M)$ créés par le plan chargé pour $x < 0$ et $x > 0$.
 - c) Tracer les courbes de variations de E_p et V_p en fonction de x .

Partie 2 : Deux lames de charges opposées

On considère maintenant la distribution de charges représentée sur la figure 2 comprenant deux lames (I et II) infinies dans les directions y et z , d'épaisseur $2h$, centrées en A et A' , d'abscisses respectives $+a$ et $-a$ ($a > h$), et de charges volumiques uniformes ρ et $-\rho$.

11. On désigne par $\vec{E}_I(M)$ le champ électrostatique créé par la lame de centre A et $\vec{E}_{II}(M)$ celui créé par la lame de centre A' .

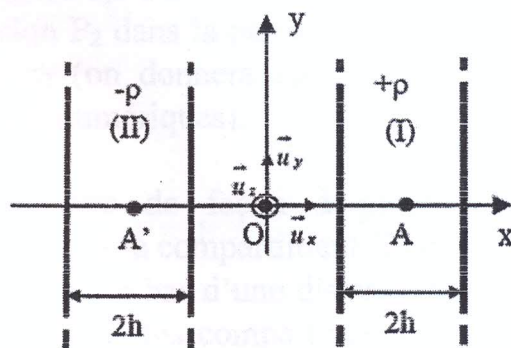


Figure 2

- a) Montrer que le plan $x = 0$ est un plan de symétrie impair pour les deux lames.
- b) En déduire que le champ créé par les deux lames $E_2(M)$ est une fonction paire de x : $E_2(x) = E_2(-x)$.

12. a) Donner les expressions de $E_I(M)$ et $E_{II}(M)$ dans les trois cas suivants :

* $x \geq a + h$

* $a - h \leq x \leq a + h$

* $0 \leq x \leq a - h$

b) En appliquant le théorème de superposition, déterminer les expressions du champ résultant $\vec{E}_2(M)$ dans les trois cas précédents.

c) Tracer alors l'allure de E_2 en fonction de x .

13. a) Montrer que $V_2(x) = -V_2(-x)$ où V_2 est le potentiel associé aux deux lames.

b) Donner les expressions de $V_2(M)$ dans les trois cas précédents.

c) Tracer l'allure de V_2 en fonction de x .

☞ Bonne chance ☞

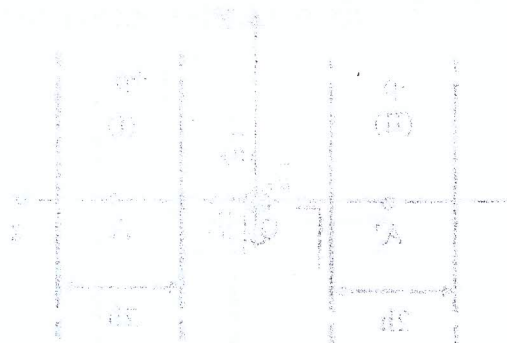


Figure 2

a) Montrer que le plan $x = 0$ est un plan de symétrie impair pour les deux lames.
 b) En déduire que le champ créé par les deux lames $\vec{E}_2(M)$ est une fonction paire de x : $E_2(x) = E_2(-x)$.