

# ICNA - SESSION 2001 - PHYSIQUE

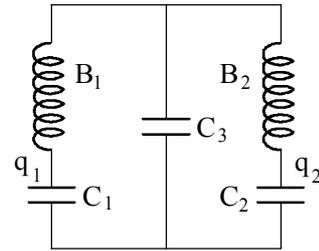
## ÉPREUVE OPTIONNELLE

### ÉNONCÉ

#### Questions faisant partie d'un même exercice.

[1,2,3,4,5,6] [7,8,9,10,11,12] [13,14,15,16,17] [18,19,20,21,22,23] [24,25,26,27,28]  
 [29,30,31,32,33,34,35] [36,37,38,39,40]

1. On considère le circuit représenté par le schéma de la figure ci-contre. Les bobines  $B_1$  et  $B_2$  ont la même inductance propre  $L$ . Les condensateurs  $C_1$  et  $C_2$  ont la même capacité  $C$ . Le condensateur  $C_3$  a une capacité  $C_0$ . On désigne par  $q_1$  et  $q_2$  les valeurs instantanées des charges des armatures des condensateurs  $C_1$  et  $C_2$  reliées respectivement aux bobines  $B_1$  et  $B_2$ .



Initialement, les condensateurs  $C_1$  et  $C_2$  sont déchargés et l'armature du condensateur  $C_3$  reliée aux deux bobines  $B_1$  et  $B_2$  porte la charge  $Q_{03}$ .

Écrire les équations différentielles couplées auxquelles obéissent les charges  $q_1$  et  $q_2$ .

- a)  $L \frac{d^2 q_1}{dt^2} + \frac{C_0 + C}{C_0 C} q_1 + \frac{q_2}{C_0} = 0$  et  $L \frac{d^2 q_2}{dt^2} + \frac{C_0 + C}{C_0 C} q_2 + \frac{q_1}{C_0} = 0$
- b)  $L \frac{d^2 q_1}{dt^2} + \frac{q_1}{C} + \frac{q_2}{C} = -\frac{Q_{03}}{C}$  et  $L \frac{d^2 q_2}{dt^2} + \frac{q_2}{C} + \frac{q_1}{C} = \frac{Q_{03}}{C}$
- c)  $L \frac{d^2 q_1}{dt^2} + \frac{C_0 + C}{C_0 C} q_1 + \frac{q_2}{C_0} = \frac{Q_{03}}{C_0}$  et  $L \frac{d^2 q_2}{dt^2} + \frac{C_0 + C}{C_0 C} q_2 + \frac{q_1}{C_0} = \frac{Q_{03}}{C_0}$
- d)  $L \frac{d^2 q_1}{dt^2} + \frac{C_0 + C}{C_0 C} q_1 + \frac{q_2}{C} = \frac{Q_{03}}{C}$  et  $L \frac{d^2 q_2}{dt^2} + \frac{C_0 + C}{C_0 C} q_2 + \frac{q_1}{C} = \frac{Q_{03}}{C}$

2. Calculer les pulsations propres  $\Omega_1$  et  $\Omega_2 < \Omega_1$  du circuit.

- a)  $\Omega_1 = \sqrt{\frac{2C_0 + C}{LC_0 C}}$  et  $\Omega_2 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
- b)  $\Omega_1 = \sqrt{\frac{C_0 + 2C}{LC_0 C}}$  et  $\Omega_2 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
- c)  $\Omega_1 = \sqrt{\frac{C_0 + C}{LC_0 C}}$  et  $\Omega_2 = \frac{1}{\sqrt{LC_0}}$
- d)  $\Omega_1 = \sqrt{\frac{C_0 + C}{LC_0 C}}$  et  $\Omega_2 = \frac{1}{\sqrt{L(C_0 + C)}}$

3. Exprimer  $q_1(t)$ .

- a)  $q_1(t) = \frac{Q_{03} C}{C_0 + 2C} (1 - \cos(\Omega_1 t))$
- b)  $q_1(t) = \frac{2Q_{03} C}{C_0 + C} (1 - \cos(\Omega_1 t))$
- c)  $q_1(t) = \frac{2Q_{03} C}{C_0 + 2C} (1 - \cos(\Omega_2 t))$
- d)  $q_1(t) = \frac{Q_{03} C}{C_0} (1 - \cos(\Omega_1 t))$

4. Exprimer  $q_2(t)$ .

- a)  $q_2(t) = \frac{2Q_{03} C}{C_0 + C} (1 - \cos(\Omega_1 t))$
- b)  $q_2(t) = \frac{2Q_{03} C}{C_0 + 2C} (1 - \cos(\Omega_2 t))$
- c)  $q_2(t) = \frac{Q_{03} C}{C_0} (1 - \cos(\Omega_2 t))$
- d)  $q_2(t) = \frac{Q_{03} C}{C_0 + 2C} (1 - \cos(\Omega_1 t))$

5. Si  $Q_0$  représente une charge donnée, parmi les valeurs initiales proposées ci-dessous quelle(s) est (sont) celle(s) qui correspond(ent) à l'excitation du mode propre de pulsation  $\Omega_1$  ?

a)  $Q_{01} = -Q_0$   $Q_{02} = 0$   $Q_{03} = Q_0$

b)  $Q_{01} = 0$   $Q_{02} = 0$   $Q_{03} = Q_0$

c)  $Q_{01} = Q_0$   $Q_{02} = 0$   $Q_{03} = Q_0$

d)  $Q_{01} = Q_0$   $Q_{02} = Q_0$   $Q_{03} = 0$

6. Quelle(s) est (sont) celle(s) qui correspond(ent) à l'excitation du mode propre de pulsation  $\Omega_2$  ?

a)  $Q_{01} = Q_0$   $Q_{02} = -Q_0$   $Q_{03} = 0$

b)  $Q_{01} = Q_0$   $Q_{02} = -Q_0$   $Q_{03} = Q_0$

c)  $Q_{01} = Q_0$   $Q_{02} = 0$   $Q_{03} = Q_0$

d)  $Q_{01} = 0$   $Q_{02} = -Q_0$   $Q_{03} = -Q_0$

7. Une bobine B d'inductance propre L et de résistance r est placée dans la branche ab du pont de mesure représenté sur le schéma de la figure ci-contre. Le pont est alimenté entre les points a et c par un générateur de tension sinusoïdal idéal de force électromotrice  $e(t)$  et de fréquence  $f = 1000$  Hz. Les branches ad et bc sont constituées de résistors parfaits de résistances respectives P et Q.

La branche cd est constituée d'un résistor de résistance R et d'un condensateur de capacité C, tous deux réglables et branchés en dérivation.

Dans la diagonale bd, un voltmètre D d'impédance infinie mesure la différence de potentiel  $U = V_b - V_d$  et permet de détecter l'équilibre du pont défini par la condition  $U = 0$ .

L'équilibre du pont est réalisé pour les valeurs suivantes des éléments réglables :

$$P = 100 \Omega, Q = 200 \Omega, R = 2300 \Omega, C = 2,080 \mu\text{F}.$$

Calculer L.

a)  $L = 37,2$  mH

b)  $L = 53,7$  mH

c)  $L = 41,6$  mH

d)  $L = 8,4$  mH

8. Calculer r.

a)  $r = 8,7 \Omega$

b)  $r = 12,3 \Omega$

c)  $r = 17,6 \Omega$

d)  $r = 52,1 \Omega$

9. Deux bobines  $B_1$  et  $B_2$  de résistances négligeables et d'inductances propres respectives  $L_1$  et  $L_2$  sont connectées en série et couplées par mutuelle induction. On désigne par M la *valeur algébrique* de l'inductance mutuelle. Ce circuit est placé entre les bornes ab du pont en remplacement de la bobine B.

Dans une première étape, on couple les bobines de façon à ce que le flux propre et le flux dû au couplage à travers chacune des bobines *s'ajoutent*. La mesure de l'inductance propre  $L_e$  de la bobine équivalente donne la valeur  $L_e = 20,8$  mH. *Sans modifier la position relative des deux bobines*, on les couple maintenant de façon à ce que le flux propre et le flux dû au couplage à travers chacune des bobines *s'opposent*. La mesure de l'inductance propre  $L'_e$  de la bobine équivalente donne la valeur  $L'_e = 14,4$  mH. En déduire la valeur absolue  $|M|$  de l'inductance mutuelle des deux bobines.

a)  $|M| = 1,6$  mH

b)  $|M| = 12,1$  mH

c)  $|M| = 3,7$  mH

d)  $|M| = 4,2$  mH

10. *Sans modification de leur position relative*, les deux bobines sont maintenant connectées en parallèle. Exprimer l'inductance propre  $L''_e$  de la bobine équivalente en fonction de  $L_1$ ,  $L_2$  et de la *valeur algébrique* de M.

a)  $L''_e = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2 + 2M}$

b)  $L''_e = \frac{L_1 L_2 + M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$

c)  $L''_e = \frac{L_1 L_2 + 4M^2}{L_1 + L_2}$

d)  $L''_e = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$

11. Lorsque les bobines sont couplées de façon à ce que le flux propre et le flux de couplage à travers les bobines *s'ajoutent*, on mesure  $L''_e = 5,1$  mH. Calculer  $L_1 > L_2$ .

a)  $L_1 = 18,2$  mH

b)  $L_1 = 10$  mH

c)  $L_1 = 8$  mH

d)  $L_1 = 15,7$  mH

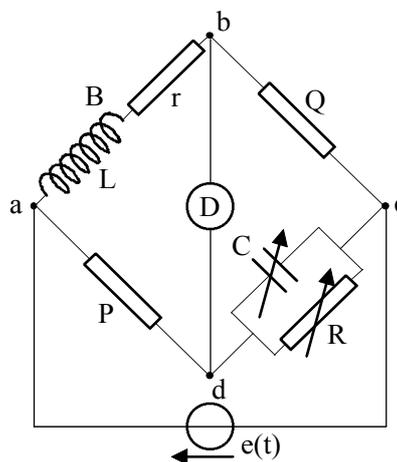
12. Calculer  $L_2 < L_1$ .

a)  $L_2 = 7,6$  mH

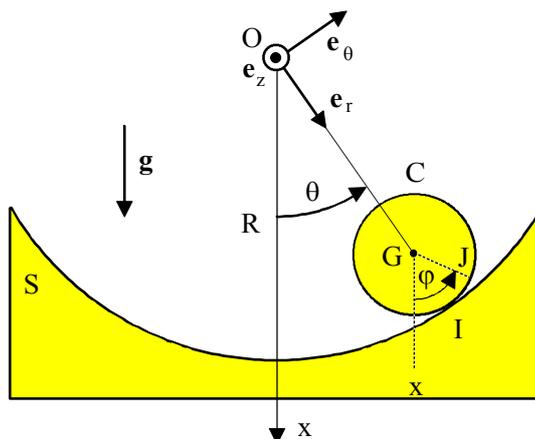
b)  $L_2 = 3,8$  mH

c)  $L_2 = 4,2$  mH

d)  $L_2 = 5,9$  mH



**13.** Un cylindre C, de centre G, d'axe horizontal Gz, de masse m et de rayon a, roule sans glisser sur un guide circulaire S fixe de centre O, d'axe horizontal Oz et de rayon R. La position du centre G du cylindre est repérée par l'angle orienté  $\theta = (\mathbf{Ox}, \mathbf{OG})$ . On définit également un angle orienté  $\varphi = (\mathbf{Gx}, \mathbf{GJ})$  en amenant la verticale Gx sur une direction fixe GJ de C.



Montrer que la condition de roulement sans glissement de C sur S impose entre  $\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt}$  et

$\dot{\varphi} = \frac{d\varphi}{dt}$  la relation :

- a)  $\dot{\varphi} = -\left(\frac{R}{a}\right)\dot{\theta}$
- b)  $\dot{\varphi} = \left(\frac{a-R}{a}\right)\dot{\theta}$
- c)  $\dot{\varphi} = -\left(\frac{a+R}{a}\right)\dot{\theta}$
- d)  $\dot{\varphi} = -\left(\frac{a}{R}\right)\dot{\theta}$

**14.** On donne le moment d'inertie  $J = \frac{1}{2}ma^2$  de C par rapport à l'axe Gz. Exprimer le moment cinétique  $\mathbf{L}(I, C/\mathcal{R})$  du cylindre par rapport au point géométrique de contact I de C sur S.

- a)  $\mathbf{L}(I, C/\mathcal{R}) = \frac{3}{2}ma^2\dot{\varphi}\mathbf{e}_z$
- b)  $\mathbf{L}(I, C/\mathcal{R}) = \frac{1}{2}ma^2\dot{\theta}\mathbf{e}_z$
- c)  $\mathbf{L}(I, C/\mathcal{R}) = ma^2\dot{\varphi}\mathbf{e}_z$
- d)  $\mathbf{L}(I, C/\mathcal{R}) = \frac{5}{2}ma^2(\dot{\varphi} + \dot{\theta})\mathbf{e}_z$

**15.** Dans ce cas, le théorème du moment cinétique s'applique au point mobile I comme en un point fixe. Écrire l'équation différentielle à laquelle obéit l'angle  $\theta$  et en déduire la période  $T_0$  des petites oscillations de C autour de sa position d'équilibre stable.

- a)  $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{R+a}{2g}}$
- b)  $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{5R}{2g}}$
- c)  $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{2a}{3g}}$
- d)  $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{3(R-a)}{2g}}$

**16.** On désigne respectivement par  $\mathbf{T} = T\mathbf{e}_\theta$  et  $\mathbf{N} = N\mathbf{e}_r$  les composantes de la réaction de S sur C dans la base  $(\mathbf{e}_r, \mathbf{e}_\theta, \mathbf{e}_z)$ . Donner l'expression de N dans le cas des petits mouvements.

- a)  $N = -\frac{3}{2}mg$
- b)  $N = -mg\theta$
- c)  $N = -\frac{3}{2}mg\theta$
- d)  $N = -mg$

**17.** Exprimer T dans les mêmes conditions.

- a)  $T = \frac{R}{3a}mg\theta$
- b)  $T = -\frac{3a}{R}mg\theta$
- c)  $T = \frac{mg}{3}\theta$
- d)  $T = 0$

**18.** On considère l'écoulement incompressible laminaire en régime stationnaire d'un fluide visqueux de masse volumique  $\rho$ , de viscosité dynamique  $\eta$ , dans un tube cylindrique à section droite circulaire, de longueur  $\ell$  et de rayon R.

On négligera les effets de la pesanteur sur l'écoulement. On admettra que le champ des vitesses est de la forme  $\mathbf{v} = v(r, z)\mathbf{e}_z$  où  $\mathbf{e}_z$  est un vecteur unitaire porté par l'axe z'z du tube et r repère la position d'un point par rapport à z'z. On notera respectivement  $p_1$  et  $p_2$  les pressions en amont ( $z = 0$ ) et en aval ( $z = \ell$ ) du tube et  $p(z)$  la pression dans le fluide *en tout point* d'un plan orthogonal à z'z à la cote z. L'écoulement étant incompressible, on peut déduire que :

- a) Le champ des vitesses ne dépend pas de z.
- b) Le champ des vitesses est uniforme.
- c) La relation  $\text{div } \mathbf{v} = 0$  est vérifiée.
- d) On a nécessairement  $\text{rot } \mathbf{v} = \mathbf{0}$ .

19. Le fluide contenu dans un cylindre de rayon  $r$  est soumis de la part du fluide extérieur à une force surfacique  $\delta\mathbf{F}(r)$  dont la résultante, pour une longueur  $dz$  de cylindre, s'écrit :

$$\delta\mathbf{F}(r) = 2\pi\eta r dz \left. \frac{\partial v}{\partial r} \right|_r \mathbf{e}_z$$

La quantité  $\left. \frac{\partial v}{\partial r} \right|_r$  représente la valeur en  $r$  de la dérivée partielle  $\frac{\partial v}{\partial r}$ .

En considérant le fluide contenu dans un volume défini par deux cylindres de rayons  $r$  et  $r + dr$  et deux plans de cotes  $z$  et  $z + dz$ , déterminer l'expression de la **force volumique** de viscosité  $\mathbf{f}_v$ .

a)  $\mathbf{f}_v = \eta \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial v}{\partial r} \right) \mathbf{e}_z$

b)  $\mathbf{f}_v = \frac{\eta}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial v}{\partial r} \right) \mathbf{e}_z$

c)  $\mathbf{f}_v = \frac{\eta}{r} \left( \frac{\partial^2 (rv)}{\partial r^2} \right) \mathbf{e}_z$

d)  $\mathbf{f}_v = \frac{\eta}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial v}{\partial r} \right) \mathbf{e}_z$

20. En déduire l'équation aux dérivées partielles liant la pression  $p$  à la vitesse  $v$ .

a)  $\frac{\partial p}{\partial z} = -\eta \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial v}{\partial r} \right)$

b)  $\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{\eta}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial (rv)}{\partial r} \right)$

c)  $\frac{\partial p}{\partial z} = -\frac{\eta}{r} \left( \frac{\partial^2 v}{\partial r^2} \right)$

d)  $\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{\eta}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial v}{\partial r} \right)$

21. Exprimer la loi d'évolution  $p(z)$  de la pression  $p$  en fonction de  $z$ .

a)  $p(z) = \left( \frac{p_2 - p_1}{\ell} \right) z^2 + p_1$

b)  $p(z) = - \left( \frac{p_2 - p_1}{\sqrt{\ell}} \right) \sqrt{z} + p_1$

c)  $p(z) = \left( \frac{p_2 - p_1}{\ell} \right) z + p_1$

d)  $p(z) = 2 \left( \frac{p_2 - p_1}{\ell} \right) z + p_1$

22. Exprimer la loi d'évolution  $v(r)$  de la vitesse  $v$  en fonction de  $r$  sachant que la vitesse du fluide est nulle sur les parois du tube.

a)  $v(r) = \left( \frac{p_1 - p_2}{4\eta\ell} \right) (R^2 - r^2)$

b)  $v(r) = \left( \frac{p_1 - p_2}{2\eta\ell} \right) (R^2 + r^2)$

c)  $v(r) = \left( \frac{p_1 - p_2}{\eta\ell} \right) \sqrt{R^2 + r^2}$

d)  $v(r) = \left( \frac{p_1 - p_2}{4\eta\ell^2} \right) (R^2 - r^2)$

23. Calculer le débit volumique  $Q$  du fluide.

a)  $Q = \frac{(p_1 - p_2)}{2\eta\ell} \pi R^2$     b)  $Q = \frac{(p_1 - p_2)}{\eta\ell} 2\pi R$     c)  $Q = \frac{(p_1 - p_2)}{4\eta\ell^2} \pi R^4$     d)  $Q = \frac{(p_1 - p_2)}{8\eta\ell} \pi R^4$

24. Un système optique est constitué d'une lentille mince convergente  $L$  de centre optique  $O$ , de distance focale image  $f'$  et d'un miroir plan  $M$  disposé en arrière de  $L$ , orthogonalement à son axe optique et à une distance  $\overline{OS} = d = 50\text{cm}$  (voir figure ci-contre).

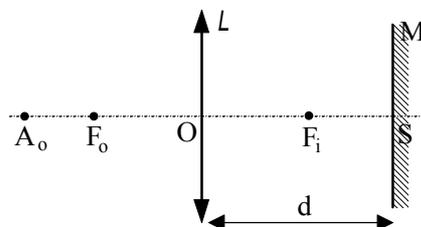
Un objet ponctuel  $A_0$  est placé initialement au foyer de la lentille. Trouver la position  $\overline{OA_{i1}}$  de l'image  $A_{i1}$  qu'en donne le système.

a)  $\overline{OA_{i1}} = -f'$

b)  $\overline{OA_{i1}} = 2f'$

c)  $\overline{OA_{i1}} = d$

d)  $\overline{OA_{i1}} = d/4$



25. L'objet est maintenant placé au point  $A_{02}$  conjugué de  $S$  par rapport à la lentille. Trouver la position  $\overline{OA_{i2}}$  de l'image  $A_{i2}$  qu'en donne le système.

- a)  $\overline{OA_{i2}} = \overline{OF_0}$       b)  $\overline{OA_{i2}} = \overline{OF_1}$       c)  $\overline{OA_{i2}} = \overline{OS}$       d)  $\overline{OA_{i2}} = \overline{OA_{o2}}$

26. Calculer la distance focale image  $f'$  de  $L$  sachant que  $\overline{A_{i2}A_{i1}} = \Delta = 25\text{cm}$ .

- a)  $f' = 25\text{cm}$       b)  $f' = 15\text{cm}$       c)  $f' = 12\text{cm}$       d)  $f' = 19\text{cm}$

27. Le miroir plan est maintenant remplacé par un miroir sphérique *concave* dont le sommet est placé en S. La *valeur arithmétique* de son rayon de courbure vaut  $R = 50\text{ cm}$ . L'objet *réel* est placé à une distance égale à  $2f'$  du centre optique de  $L$ . Quelle doit être la valeur  $d_1$  de la distance  $\overline{OS}$  pour que l'image définitive qu'en donne le système soit confondue avec l'objet lui-même et de *même sens* que lui ?

- a)  $d_1 = 2f'$       b)  $d_1 = f'$       c)  $d_1 = 4f'$       d)  $d_1 = 2R$

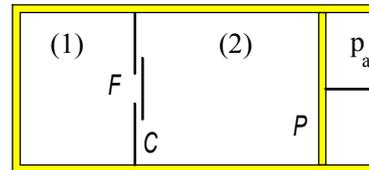
28. Quelle doit être la valeur  $d_2$  de la distance  $\overline{OS}$  pour que l'image définitive soit *renversée* et que son plan soit confondu avec celui de l'objet ?

- a)  $d_2 = 75\text{ cm}$       b)  $d_2 = 45\text{ cm}$       c)  $d_2 = 100\text{ cm}$       d)  $d_2 = 125\text{ cm}$

29. Une enceinte a parois adiabatiques est divisée en deux compartiments (1) et (2) par une cloison diathermane  $C$  munie d'une petite ouverture  $F$  que l'on peut ouvrir ou fermer sans travail. L'enceinte est fermée à l'une de ses extrémités par un piston adiabatique  $P$  mobile qui peut coulisser sans frottement.

Dans l'état initial, l'ouverture  $F$  est fermée, le compartiment (1) de volume  $V_1$  est vide et le compartiment (2) de volume  $V_{2i}$  contient une mole de gaz parfait à la pression atmosphérique  $p_a$ .

Les deux compartiments sont mis en communication. On suppose dans un premier temps que  $V_1$  est tel que dans l'état d'équilibre final, le piston ne vienne pas en butée sur  $C$ .



On désigne par  $R$  la constante des gaz parfaits et par  $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$  le rapport des capacités thermiques molaires

à pression constante  $c_p$  et à volume constant  $c_v$ . Calculer le travail  $W$  du piston en fonction de  $p_a$ ,  $V_1$ ,  $V_{2i}$  et de la température finale  $T_f$  du gaz dans le récipient.

- a)  $W = p_a (V_1 + V_{2i}) - RT_f$       b)  $W = p_a (V_1 + V_{2i}) + RT_f$   
 c)  $W = p_a (V_1 - V_{2i}) - RT_f$       d)  $W = p_a (V_1 - V_{2i}) + RT_f$

30. En appliquant le premier principe de la thermodynamique, en déduire la température finale  $T_f$  du gaz en fonction de  $p_a$ ,  $V_1$  et  $V_{2i}$ .

- a)  $T_f = \frac{p_a V_{2i}}{R} \left( 1 + \left( \frac{\gamma}{\gamma-1} \right) \frac{V_1}{V_{2i}} \right)$       b)  $T_f = \frac{p_a V_1}{R} \left( 1 - \left( \frac{\gamma}{\gamma-1} \right) \frac{V_{2i}}{V_1} \right)$   
 c)  $T_f = \frac{p_a V_{2i}}{R} \left( 1 + \left( \frac{V_1}{V_{2i}} \right)^{\gamma-1} \right)$       d)  $T_f = \frac{p_a V_{2i}}{R} \left( 1 + \left( \frac{\gamma-1}{\gamma} \right) \frac{V_1}{V_{2i}} \right)$

31. Calculer la valeur  $V_{1m}$  que devrait avoir le volume du compartiment (1) pour que le piston vienne juste en butée sur  $C$ .

- a)  $V_{1m} = \gamma V_{2i}$       b)  $V_{1m} = \frac{\gamma}{\gamma-1} V_{2i}$       c)  $V_{1m} = \frac{\gamma-1}{\gamma} V_{2i}$       d)  $V_{1m} = \frac{1}{\gamma} V_{2i}$

32. Calculer, dans ce dernier cas, l'entropie produite  $S_p$ .

- a)  $S_p = \frac{(\gamma-1)R}{\gamma} \ln \left( \frac{\gamma-1}{\gamma} \right)$       b)  $S_p = \frac{\gamma R}{\gamma-1} \ln \left( \frac{\gamma-1}{\gamma} \right)$   
 c)  $S_p = \frac{\gamma R}{\gamma-1} \ln(\gamma)$       d)  $S_p = \gamma R \ln(\gamma-1)$

**33.** On se place maintenant dans le cas où le volume  $V'_1$  du compartiment (1) est plus grand que le volume  $V_{1m}$  calculé précédemment, de sorte que dans l'état final le piston soit en butée sur  $C$ . Calculer la température finale  $T'_f$  du gaz en fonction de  $p_a$ ,  $V_{2i}$ ,  $\gamma$  et  $R$ .

a)  $T'_f = (\gamma - 1) \frac{p_a V_{2i}}{R}$     b)  $T'_f = \gamma \frac{p_a V_{2i}}{R}$     c)  $T'_f = \frac{\gamma}{\gamma - 1} \frac{p_a V_{2i}}{R}$     d)  $T'_f = \frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{p_a V_{2i}}{R}$

**34.** Exprimer la pression finale  $p'_f$  du gaz en fonction de  $p_a$ ,  $V_{2i}$ ,  $V'_1$  et  $\gamma$ .

a)  $p'_f = \gamma p_a \frac{V_{2i}}{V'_1}$     b)  $p'_f = (\gamma - 1) p_a \frac{V'_1}{V_{2i}}$     c)  $p'_f = \frac{\gamma}{\gamma - 1} p_a \frac{V'_1}{V_{2i}}$     d)  $p'_f = \frac{\gamma - 1}{\gamma} p_a \frac{V_{2i}}{V'_1}$

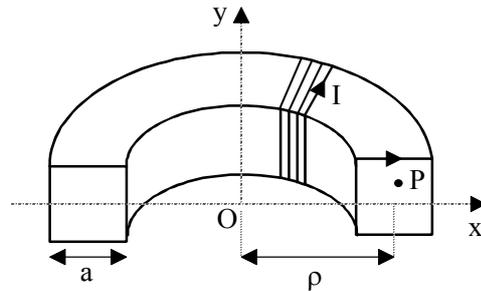
**35.** Calculer l'entropie produite  $S'_p$ .

a)  $S'_p = \frac{\gamma R}{\gamma - 1} \ln \left( \frac{V'_1}{V_{2i}} \right)^{\gamma - 1}$     b)  $S'_p = \frac{R}{\gamma - 1} \ln \left( \frac{V'_1}{V_{2i}} \right)^\gamma$   
 c)  $S'_p = \gamma R \ln \left( \frac{V'_1}{V_{2i}} \right)^{\gamma - 1}$     d)  $S'_p = \frac{R}{\gamma - 1} \ln \left[ \gamma \left( \frac{V'_1}{V_{2i}} \right)^{\gamma - 1} \right]$

**36.** Une bobine est constituée d'un fil conducteur bobiné en spires jointives sur un tore circulaire à section carrée de côté  $a$  et de rayon moyen  $\rho$  (voir figure ci-contre). On désigne par  $N$  le nombre total de spires et par  $I$  le courant qui les parcourt.

Calculer la norme  $B$  du champ magnétique qui règne en un point  $P(x, y)$  quelconque du plan  $xOy$  à l'intérieur du tore.

a)  $B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi \sqrt{x^2 + y^2}}$     b)  $B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi x}$   
 c)  $B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi y}$     d)  $B = \frac{\mu_0 N I x}{2\pi \sqrt{x^2 + y^2}}$



**37.** Calculer l'énergie électromagnétique  $\mathcal{E}_{em}$  de la bobine.

a)  $\mathcal{E}_{em} = \frac{\mu_0 N I^2 a}{8\pi} \ln \left( \frac{\rho + a}{\rho - a} \right)$     b)  $\mathcal{E}_{em} = \frac{\mu_0 N^2 I^2 a}{4\pi}$   
 c)  $\mathcal{E}_{em} = \frac{\mu_0 N^2 I^2 a}{4\pi} \ln \left( \frac{2\rho + a}{2\rho - a} \right)$     d)  $\mathcal{E}_{em} = \frac{\mu_0 N I^2 a}{8\pi} \ln \left( \frac{\rho}{a} \right)$

**38.** Exprimer l'inductance propre  $L$  de la bobine.

a)  $L = \frac{\mu_0 N^2 a}{2\pi} \ln \left( \frac{\rho + 2a}{\rho - 2a} \right)$     b)  $L = \frac{\mu_0 N^2 a}{2\pi}$   
 c)  $L = \frac{\mu_0 N^2 a}{4\pi} \ln \left( \frac{\rho + a}{\rho - a} \right)$     d)  $L = \frac{\mu_0 N^2 a}{2\pi} \ln \left( \frac{2\rho + a}{2\rho - a} \right)$

**39.** On dispose suivant l'axe  $y'y$  de la bobine un fil rectiligne que l'on peut considérer comme infini et parcouru par un courant  $I_0$ . Calculer le flux  $\phi$  du champ magnétique créé par le fil à travers le circuit de la bobine et en déduire l'inductance mutuelle  $M$  entre les deux circuits.

a)  $M = \frac{\mu_0 N a}{2\pi} \ln \left( \frac{2\rho + a}{2\rho - a} \right)$     b)  $M = \frac{\mu_0 N^2 a}{4\pi} \ln \left( \frac{\rho + 2a}{\rho - 2a} \right)$   
 c)  $M = \frac{\mu_0 N a}{2\pi} \ln \left( \frac{\rho + a}{\rho - a} \right)$     d)  $M = \frac{\mu_0 N^2 a}{4\pi} \ln \left( \frac{\rho}{a} \right)$

**40.** Le fil est parcouru par un courant  $i_0(t) = I_0 \cos(\omega t)$  tandis que le circuit de la bobine est fermé sur un ampèremètre. La résistance totale de ce circuit est alors égale à  $R$ .

Exprimer le courant  $i(t)$  qui circule dans le circuit de la bobine en régime établi.

$$\text{a) } i(t) = \frac{M\omega I_0}{R^2 + L^2\omega^2} (R \sin(\omega t) - L\omega \cos(\omega t)) \quad \text{b) } i(t) = \frac{I_0}{\sqrt{R^2 + L^2\omega^2}} (R \sin(\omega t) + L\omega \cos(\omega t))$$

$$\text{c) } i(t) = \frac{L\omega I_0}{R^2 + L^2\omega^2} (R \sin(\omega t) + M\omega \cos(\omega t)) \quad \text{d) } i(t) = \frac{RI_0}{R^2 + L^2\omega^2} (R \cos(\omega t) - L\omega \sin(\omega t))$$