

# ICNA - SESSION 2003

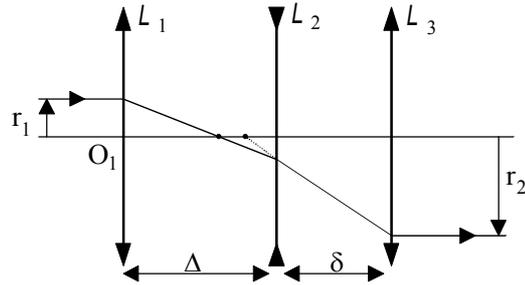
## ÉPREUVE OPTIONNELLE DE PHYSIQUE

### 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] [20,21,22,23,24,25,26,27,28]  
[29,30,31,32,33] [34,35,36,37,38,39,40]

1. Un élargisseur de faisceau est constitué de trois lentilles minces  $L_1$ ,  $L_2$  et  $L_3$ , de centres optiques  $O_1$ ,  $O_2$  et  $O_3$ , et de distances focales images respectives  $f_1$ ,  $f_2$  et  $f_3$ . Les lentilles  $L_1$  et  $L_3$  sont *convergentes*. La lentille  $L_2$  est *divergente*. On pose  $\Delta = \overline{O_1O_2}$  et  $\delta = \overline{O_2O_3}$  (figure ci-contre). Les distances  $\Delta$  et  $\delta$  sont réglées de façon à ce que le système donne d'un faisceau cylindrique de rayon  $r_1$  ( $r_1 > 0$ ) parallèle à l'axe optique, un faisceau cylindrique de même axe et de rayon  $r_3 > r_1$ .



On dit d'un tel système qu'il est :

- a) Divergent                      b) Afocal                      c) Convergent                      d) Catadioptrique

2. Pour que le système présente la propriété souhaitée, il faut que :

- a) Le foyer image de  $L_3$  soit le conjugué image par rapport à  $L_2$  du foyer objet de  $L_1$ .  
b) Le foyer objet de  $L_2$  soit le conjugué image par rapport à  $L_3$  du foyer image de  $L_1$ .  
c) Le foyer objet de  $L_1$  soit le conjugué image par rapport à  $L_3$  du foyer objet de  $L_2$ .  
d) Le foyer objet de  $L_3$  soit le conjugué image par rapport à  $L_2$  du foyer image de  $L_1$ .

3. Dédurre, de l'application de la relation de conjugaison de Descartes, une relation entre  $\Delta$ ,  $\delta$ ,  $f_1$ ,  $f_2$  et  $f_3$ .

- a)  $\frac{1}{\delta - f_3} - \frac{1}{f_1 - \Delta} = \frac{1}{f_2}$     b)  $\frac{1}{\Delta - f_2} - \frac{1}{f_1 - \delta} = \frac{1}{f_3}$     c)  $\frac{-1}{\delta - f_1} + \frac{1}{\Delta - f_2} = \frac{1}{f_3}$     d)  $\frac{-1}{\Delta - \delta} + \frac{1}{f_3 - f_2} = \frac{1}{f_1}$

4. Exprimer, en s'aidant du schéma de la figure ci-dessus, le rapport  $r_3/r_1$ .

- a)  $\frac{r_3}{r_1} = -\frac{f_2}{f_3} \left( \frac{\delta - f_1}{f_3 - \Delta} \right)$     b)  $\frac{r_3}{r_1} = -\frac{f_1}{f_3} \left( \frac{\Delta - f_2}{f_1 - \delta} \right)$     c)  $\frac{r_3}{r_1} = -\frac{f_2}{f_1} \left( \frac{f_2 - f_1}{f_3 - f_1} \right)$     d)  $\frac{r_3}{r_1} = \frac{f_3}{f_1} \left( \frac{f_1 - \Delta}{\delta - f_3} \right)$

5. Dédurre la valeur de  $\Delta$  en fonction de  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ,  $r_1$  et  $r_3$ .

- a)  $\Delta = f_1 + f_2 \left( 1 - \frac{r_3 f_1}{r_1 f_3} \right)$     b)  $\Delta = f_3 + f_1 \left( 1 + \frac{r_1 f_2}{r_3 f_3} \right)$     c)  $\Delta = f_1 + f_3 \left( 1 + \frac{r_1 f_3}{r_3 f_1} \right)$     d)  $\Delta = f_3 + f_2 \left( 1 + \frac{r_3 f_2}{r_1 f_1} \right)$

6. Dédurre la valeur de  $\delta$  en fonction de  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ,  $r_1$  et  $r_3$ .

- a)  $\delta = f_3 + f_1 \left( 1 + \frac{r_3 f_2}{r_1 f_3} \right)$     b)  $\delta = f_2 + f_3 \left( 1 + \frac{r_1 f_1}{r_3 f_3} \right)$     c)  $\delta = f_3 + f_2 \left( 1 - \frac{r_1 f_3}{r_3 f_1} \right)$     d)  $\delta = f_1 + f_2 \left( 1 + \frac{r_3 f_2}{r_1 f_1} \right)$

7. On donne :  $|f_1| = 20\text{mm}$ ,  $|f_2| = 20\text{mm}$ ,  $|f_3| = 200\text{mm}$ ,  $r_3/r_1 = 20$ .

Calculer la valeur de l'encombrement  $d = \overline{O_1O_3}$  du système.

- a)  $d = 12\text{ cm}$                       b)  $d = 19\text{ cm}$                       c)  $d = 9\text{ cm}$                       d)  $d = 23\text{ cm}$

8. Une onde progressive plane, monochromatique, de pulsation  $\omega$  et de vecteur d'onde  $\mathbf{k}_i = k_i \mathbf{e}_{zi}$ , polarisée rectilignement, se propage dans le vide dans le demi espace  $z < 0$ . Elle aborde sous l'incidence  $i$ , un milieu *parfaitement conducteur* occupant tout le demi espace  $z \geq 0$ .

Le vecteur champ électrique  $\mathbf{E}_i$  de l'onde incidente est perpendiculaire au plan d'incidence. Dans la base  $\mathcal{B}_i$  ( $\mathbf{e}_{xi}, \mathbf{e}_{yi}, \mathbf{e}_{zi}$ ) définie sur la figure ci-contre, il s'écrit :

$$\mathbf{E}_i(\mathbf{r}) = E_0 \cos(\mathbf{k}_i \cdot \mathbf{r} - \omega t) \mathbf{e}_{xi}$$

$\mathbf{r} = \mathbf{OM}$  est le vecteur position d'un point quelconque M du plan d'onde repéré par rapport à une origine O dans le plan du conducteur. On désigne par  $\mathbf{r}' = \mathbf{OP}$  le vecteur position d'un point quelconque P du plan conducteur et par  $\mathbf{N}$  un vecteur unitaire normal à ce plan et dirigé vers l'intérieur du conducteur.

On note  $c$  la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans le vide,  $\epsilon_0$  et  $\mu_0$  respectivement la permittivité et la perméabilité du vide.

Exprimer les composantes du champ magnétique  $\mathbf{B}_i(\mathbf{r})$  de l'onde incidente en tout point M du demi espace  $z < 0$  dans la base  $\mathcal{B}_i$ .

$$\text{a) } \mathbf{B}_i(\mathbf{r}) = \frac{k_i E_0}{\omega} \sin(\mathbf{k}_i \cdot \mathbf{r} - \omega t) \mathbf{e}_{yi}$$

$$\text{b) } \mathbf{B}_i(\mathbf{r}) = \frac{E_0}{\mu_0 c} \cos(\mathbf{k}_i \cdot \mathbf{r} - \omega t) \mathbf{e}_{yi}$$

$$\text{c) } \mathbf{B}_i(\mathbf{r}) = \frac{k_i E_0}{\mu_0 c} \sin(\mathbf{k}_i \cdot \mathbf{r} - \omega t) \mathbf{e}_{yi}$$

$$\text{d) } \mathbf{B}_i(\mathbf{r}) = \frac{E_0}{c} \cos(\mathbf{k}_i \cdot \mathbf{r} - \omega t) \mathbf{e}_{yi}$$

9. On désigne respectivement par  $\mathbf{k}_r$ ,  $\mathbf{E}_r$  et  $\mathbf{B}_r$  le vecteur d'onde, le champ électrique et le champ magnétique de l'onde réfléchie. On notera respectivement  $\mathbf{E}_{it}$ ,  $\mathbf{B}_{it}$ ,  $\mathbf{E}_{rt}$  et  $\mathbf{B}_{rt}$  les projections orthogonales des vecteurs  $\mathbf{E}_i$ ,  $\mathbf{B}_i$ ,  $\mathbf{E}_r$  et  $\mathbf{B}_r$  sur le plan conducteur.

Écrire les relations de continuité entre le vide et le conducteur pour le champ électrique. On note  $\sigma(P)$  la densité surfacique de charge en un point P du plan conducteur.

$$\text{a) } (\mathbf{E}_i(\mathbf{r}') + \mathbf{E}_r(\mathbf{r}')) \cdot \mathbf{N} = -\frac{\sigma(P)}{\epsilon_0} \text{ et } \mathbf{E}_{it}(\mathbf{r}') + \mathbf{E}_{rt}(\mathbf{r}') = \mathbf{0}$$

$$\text{b) } (\mathbf{E}_i(\mathbf{r}') + \mathbf{E}_r(\mathbf{r}')) \cdot \mathbf{N} = \frac{\sigma(P)}{2\epsilon_0} \text{ et } \mathbf{E}_{it}(\mathbf{r}') + \mathbf{E}_{rt}(\mathbf{r}') = \mathbf{0}$$

$$\text{c) } (\mathbf{E}_i(\mathbf{r}') + \mathbf{E}_r(\mathbf{r}')) \cdot \mathbf{N} = \frac{\sigma(P)}{\epsilon_0} \text{ et } \mathbf{E}_{it}(\mathbf{r}') - \mathbf{E}_{rt}(\mathbf{r}') = \mathbf{0}$$

$$\text{d) } (\mathbf{E}_i(\mathbf{r}') + \mathbf{E}_r(\mathbf{r}')) \wedge \mathbf{N} = \mathbf{0} \text{ et } \mathbf{E}_{it}(\mathbf{r}') - \mathbf{E}_{rt}(\mathbf{r}') = \mathbf{0}$$

10. En déduire les composantes du champ électrique  $\mathbf{E}_r(\mathbf{r})$  de l'onde réfléchie en tout point M du demi espace  $z < 0$  dans la base  $\mathcal{B}_r$  ( $\mathbf{e}_{xr}, \mathbf{e}_{yr}, \mathbf{e}_{zr}$ ) définie sur la figure ci-dessus.

$$\text{a) } \mathbf{E}_r(\mathbf{r}) = -E_0 \sin(\mathbf{k}_r \cdot \mathbf{r} - \omega t) \mathbf{e}_{xr}$$

$$\text{b) } \mathbf{E}_r(\mathbf{r}) = E_0 \cos(\mathbf{k}_r \cdot \mathbf{r} - \omega t) \mathbf{e}_{xr}$$

$$\text{c) } \mathbf{E}_r(\mathbf{r}) = -E_0 \cos(\mathbf{k}_r \cdot \mathbf{r} - \omega t) \mathbf{e}_{xr}$$

$$\text{d) } \mathbf{E}_r(\mathbf{r}) = E_0 \sin(\mathbf{k}_r \cdot \mathbf{r} - \omega t) \mathbf{e}_{xr}$$

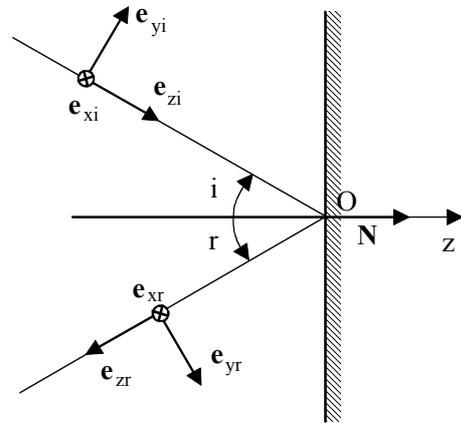
11. Écrire les relations de continuité entre le vide et le conducteur pour le champ magnétique. On note  $\mathbf{j}_s(P)$  la densité surfacique de courant en un point P du plan conducteur.

$$\text{a) } (\mathbf{B}_i(\mathbf{r}') - \mathbf{B}_r(\mathbf{r}')) \cdot \mathbf{N} = 0 \text{ et } \mathbf{B}_{it}(\mathbf{r}') - \mathbf{B}_{rt}(\mathbf{r}') = -\mu_0 \mathbf{N} \wedge \mathbf{j}_s(P)$$

$$\text{b) } (\mathbf{B}_i(\mathbf{r}') + \mathbf{B}_r(\mathbf{r}')) \cdot \mathbf{N} = 0 \text{ et } \mathbf{B}_{it}(\mathbf{r}') + \mathbf{B}_{rt}(\mathbf{r}') = \mu_0 \mathbf{N} \wedge \mathbf{j}_s(P)$$

$$\text{c) } (\mathbf{B}_i(\mathbf{r}') - \mathbf{B}_r(\mathbf{r}')) \cdot \mathbf{N} = 0 \text{ et } \mathbf{B}_{it}(\mathbf{r}') + \mathbf{B}_{rt}(\mathbf{r}') = 2\mu_0 \mathbf{N} \wedge \mathbf{j}_s(P)$$

$$\text{d) } (\mathbf{B}_i(\mathbf{r}') + \mathbf{B}_r(\mathbf{r}')) \cdot \mathbf{N} = 0 \text{ et } \mathbf{B}_{it}(\mathbf{r}') - \mathbf{B}_{rt}(\mathbf{r}') = -2\mu_0 \mathbf{N} \wedge \mathbf{j}_s(P)$$



12. En déduire les composantes du champ magnétique  $\mathbf{B}_r(\mathbf{r})$  de l'onde réfléchie en tout point M du demi espace  $z < 0$  dans la base  $\mathbf{B}_r (\mathbf{e}_{xr}, \mathbf{e}_{yr}, \mathbf{e}_{zr})$  définie sur la figure ci-dessus.

- a)  $\mathbf{B}_r(\mathbf{r}) = -\frac{E_0}{c} \sin(\mathbf{k}_r \cdot \mathbf{r} - \omega t) \mathbf{e}_{yr}$       b)  $\mathbf{B}_r(\mathbf{r}) = \frac{E_0}{\mu_0 c} \cos(\mathbf{k}_r \cdot \mathbf{r} - \omega t) \mathbf{e}_{yr}$   
 c)  $\mathbf{B}_r(\mathbf{r}) = -\frac{E_0}{\mu_0 c} \sin(\mathbf{k}_r \cdot \mathbf{r} - \omega t) \mathbf{e}_{yr}$       d)  $\mathbf{B}_r(\mathbf{r}) = -\frac{E_0}{c} \cos(\mathbf{k}_r \cdot \mathbf{r} - \omega t) \mathbf{e}_{yr}$

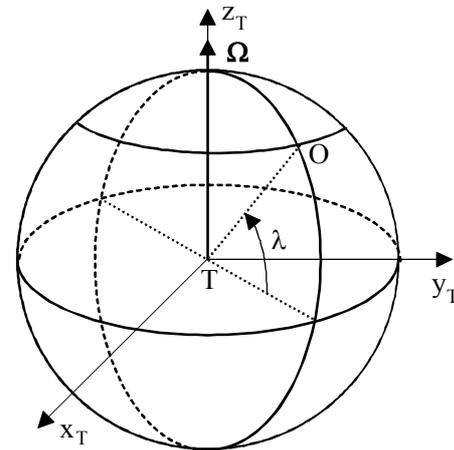
13. Calculer la densité de charge surfacique  $\sigma(P)$  qui apparaît sur la conducteur.

- a)  $\sigma(P) = 0$       b)  $\sigma(P) = \epsilon_0 E_0$       c)  $\sigma(P) = -\epsilon_0 E_0$       d)  $\sigma(P) = \epsilon_0 E_0 \cos i$

14. Calculer la densité surfacique de courant  $\mathbf{j}_s(P)$  qui apparaît à la surface du conducteur.

- a)  $\mathbf{j}_s(P) = \mathbf{0}$       b)  $\mathbf{j}_s(P) = \frac{2E_0 \cos i}{\mu_0 c} \sin(\mathbf{k}_i \cdot \mathbf{r}' - \omega t) \mathbf{e}_{xi}$   
 c)  $\mathbf{j}_s(P) = \frac{E_0 \sin i}{\mu_0 c} \sin(\mathbf{k}_i \cdot \mathbf{r}' - \omega t) \mathbf{e}_{xi}$       d)  $\mathbf{j}_s(P) = \frac{2E_0 \cos i}{\mu_0 c} \cos(\mathbf{k}_i \cdot \mathbf{r}' - \omega t) \mathbf{e}_{xi}$

15. On désigne par  $\mathcal{R}_T (T, x_T, y_T, z_T)$  un référentiel que l'on suppose galiléen et dont l'origine coïncide avec le centre T de la Terre.. Dans ce référentiel, la Terre est animée d'un mouvement de rotation uniforme de vitesse  $\boldsymbol{\Omega} = \Omega \mathbf{e}_{z_T}$ . On désigne par  $\mathcal{G}$  la constante de gravitation, par R le rayon de la Terre assimilée à une sphère homogène et par M sa masse.



Un satellite S, de masse m, qui n'est soumis qu'à la force de gravitation de la Terre décrit, dans  $\mathcal{R}_T$ , une trajectoire dont les caractéristiques sont les suivantes :

- a) La trajectoire est plane et contient T.  
 b) La trajectoire est nécessairement un plan parallèle à l'équateur.  
 c) La trajectoire est plane mais ne contient pas forcément T.  
 d) La trajectoire n'est pas obligatoirement plane.

16. Le satellite est lancé depuis un point O à la surface de la Terre situé à la latitude  $\lambda$ . Lorsque la phase de lancement est terminée et qu'il se trouve à une distance  $r_0$  de T, on lui communique une impulsion destinée à le placer sur une trajectoire de satellisation particulière. Déterminer la direction que doit avoir la vitesse  $\mathbf{v}_0$  du satellite juste après cette impulsion pour que sa trajectoire soit un cercle contenu dans le plan méridien du lieu où il se trouve passant par les pôles de la Terre.

- a)  $\mathbf{v}_0$  doit être orthogonale à  $\mathbf{TS}$  et contenue dans le plan méridien considéré.  
 b)  $\mathbf{v}_0$  doit être orthogonale à  $\mathbf{TS}$  et au plan méridien considéré.  
 c)  $\mathbf{v}_0$  doit être orthogonale à  $\mathbf{TS}$  et dirigée vers le Nord-Est pour compenser la rotation de la Terre.  
 d)  $\mathbf{v}_0$  doit être orthogonale à  $\mathbf{TS}$  et dirigée vers le Sud-Ouest pour compenser la rotation de la Terre.

17. Calculer la période de révolution  $T_0$  du satellite en fonction de l'altitude h.

- a)  $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{(R+h)^3}{\mathcal{G}M}}$       b)  $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{(R+h)^{3/2}}{\mathcal{G}M}}$       c)  $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{h^{3/2}}{\mathcal{G}M}}$       d)  $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{(R+h)^{3/2}}{\mathcal{G}m}}$

18. Calculer l'énergie mécanique  $\mathcal{E}_m$  dans  $\mathcal{R}_T$  du satellite sur sa trajectoire. On prendra l'origine de l'énergie potentielle de gravitation à l'infini.

- a)  $\mathcal{E}_m = -\frac{\mathcal{G}Mm}{2(R+h)}$       b)  $\mathcal{E}_m = \frac{\mathcal{G}Mm}{2(R+h)}$       c)  $\mathcal{E}_m = -\frac{\mathcal{G}Mm}{(R+h)}$       d)  $\mathcal{E}_m = \frac{(R+h)}{2\mathcal{G}Mm}$

19. Calculer l'énergie mécanique  $\mathcal{E}_{m0}$  dans  $\mathcal{R}_T$  du satellite lorsqu'il est au sol en O.

$$\text{a) } \mathcal{E}_{m0} = \frac{mR^2\Omega^2 \cos^2 \lambda}{2} - \frac{\mathcal{G}Mm}{R}$$

$$\text{b) } \mathcal{E}_{m0} = \frac{mR^2\Omega^2 \sin^2 \lambda}{2} - \frac{\mathcal{G}Mm}{R}$$

$$\text{c) } \mathcal{E}_{m0} = \frac{mR^2\Omega^2 \sin^2 \lambda}{2} + \frac{\mathcal{G}Mm}{R}$$

$$\text{d) } \mathcal{E}_{m0} = \frac{mR^2\Omega^2 \cos^2 \lambda}{2} + \frac{\mathcal{G}Mm}{2R}$$

**20.** En déduire l'énergie  $\mathcal{E}_s$  nécessaire pour effectuer la satellisation si le point de lancement O est situé sur l'équateur.

$$\text{a) } \mathcal{E}_s = \frac{\mathcal{G}Mm}{2R} \left( \frac{R+2h}{R+h} \right) - \frac{mR^2\Omega^2}{2}$$

$$\text{b) } \mathcal{E}_s = \frac{\mathcal{G}Mm}{R} \left( \frac{h}{R+2h} \right) + \frac{mR^2\Omega^2}{2}$$

$$\text{c) } \mathcal{E}_s = \frac{\mathcal{G}Mm}{2R} \left( \frac{R+h}{R+2h} \right)$$

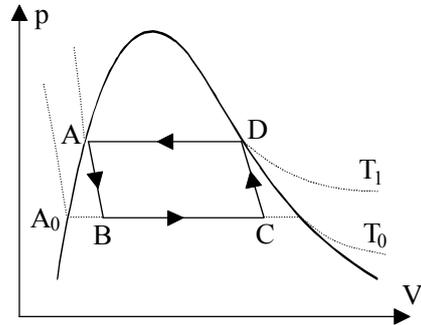
$$\text{d) } \mathcal{E}_s = \frac{\mathcal{G}Mm}{h} \left( \frac{R+2h}{R+h} \right) - \frac{mR^2\Omega^2}{2}$$

**21.** L'unité de masse du fluide d'une machine frigorifique décrit le cycle ABCD représenté sur le diagramme (p,V) de la figure ci-contre.

Les points A et D sont définis respectivement par les intersections de l'isotherme d'Andrews  $T_1$  avec les courbes d'ébullition et de rosée.

Les points B et C correspondent respectivement aux intersections de l'isotherme d'Andrews  $T_0$  avec les *courbes adiabatiques réversibles* passant par les points A et D.

On désigne respectivement par  $x_B$  et  $x_C$  les titres massiques en vapeur du fluide en B et C et par  $\ell_0$  et  $\ell_1$  les chaleurs latentes massiques de vaporisation aux températures respectives  $T_0$  et  $T_1$ . On considère le point  $A_0$  sur la courbe d'ébullition où le fluide est en totalité à l'état liquide à la température  $T_0$ . En supposant



que la chaleur massique  $c_\ell$  du liquide saturant reste constante, calculer la variation d'entropie  $S_A - S_{A_0}$  lorsqu'on amène le fluide de  $A_0$  en A le long de la courbe d'ébullition.

$$\text{a) } S_A - S_{A_0} = c_\ell \frac{T_1 - T_0}{T_0}$$

$$\text{b) } S_A - S_{A_0} = c_\ell \ln \left( \frac{T_0}{T_1} \right)$$

$$\text{c) } S_A - S_{A_0} = c_\ell \ln \left( \frac{T_1}{T_0} \right)$$

$$\text{d) } S_A - S_{A_0} = c_\ell \ln \left( \frac{T_1 - T_0}{T_0} \right)$$

**22.** Calculer la variation d'entropie  $S_B - S_{A_0}$  lors de l'étape de vaporisation isotherme partielle qui amène le fluide de l'état  $A_0$  à l'état B.

$$\text{a) } S_B - S_{A_0} = x_B \frac{\ell_0}{T_0}$$

$$\text{b) } S_B - S_{A_0} = x_B \ell_0 \ln \left( \frac{T_1}{T_0} \right)$$

$$\text{c) } S_B - S_{A_0} = x_B \ln \left( \frac{\ell_0}{T_0} \right)$$

$$\text{d) } S_B - S_{A_0} = x_B \ell_0 T_0$$

**23.** En déduire  $x^B$ .

$$\text{a) } x_B = c_\ell \frac{T_0}{\ell_0} \ln \left( \frac{T_1 - T_0}{T_0} \right)$$

$$\text{b) } x_B = c_\ell \frac{T_1 - T_0}{\ell_0} \ln \left( \frac{T_1}{T_0} \right)$$

$$\text{c) } x_B = c_\ell \frac{T_1}{\ell_0} \ln \left( \frac{T_1}{T_0} \right)$$

$$\text{d) } x_B = c_\ell \frac{T_0}{\ell_0} \ln \left( \frac{T_1}{T_0} \right)$$

**24.** Calculer la variation d'entropie  $S_A - S_D$  lors de l'étape de condensation isotherme totale qui amène le fluide de l'état D à l'état A. En déduire l'expression de  $x_C$ .

$$\text{a) } x_C = c_\ell \frac{T_1}{\ell_0} \ln \left( \frac{T_1}{T_0} \right) + \frac{\ell_1 T_1}{\ell_0 T_0}$$

$$\text{b) } x_C = c_\ell \frac{T_1}{\ell_0} \ln \left( \frac{T_1 - T_0}{T_0} \right) + \frac{\ell_0 T_0}{\ell_1 T_1}$$

$$\text{c) } x_C = c_\ell \frac{T_1 - T_0}{\ell_0} \ln\left(\frac{T_1}{T_0}\right) + \frac{\ell_1 T_1}{\ell_0 T_0} \quad \text{d) } x_C = c_\ell \frac{T_1}{\ell_0} \ln\left(\frac{T_1}{T_0}\right) + \frac{T_0}{T_1}$$

25. Calculer la quantité de chaleur  $Q_1$  échangée avec le milieu extérieur lors de la condensation isotherme totale qui amène le fluide de l'état D à l'état A.

$$\text{a) } Q_1 = \ell_1 \frac{T_1}{T_0} \quad \text{b) } Q_1 = \ell_1 \frac{T_1 - T_0}{T_0} \quad \text{c) } Q_1 = -\ell_1 \quad \text{d) } Q_1 = \ell_0 \frac{T_1 - T_0}{T_1}$$

26. Calculer la quantité de chaleur  $Q_0$  échangée avec le milieu extérieur lors de la vaporisation isotherme partielle qui amène le fluide de l'état B à l'état C.

$$\text{a) } Q_0 = \ell_0 \frac{T_1}{T_0} \quad \text{b) } Q_0 = \ell_1 \frac{T_0}{T_1} \quad \text{c) } Q_0 = \ell_0 \frac{T_1 - T_0}{T_1} \quad \text{d) } Q_0 = \ell_1 \frac{T_1 - T_0}{T_0}$$

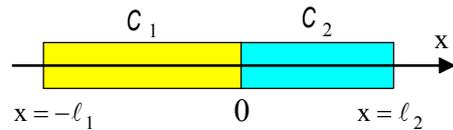
27. Calculer le travail  $W$  échangé au cours d'un cycle.

$$\text{a) } W = \ell_1 \frac{T_1 - T_0}{T_0} \quad \text{b) } W = \ell_0 \frac{T_0}{T_1} \quad \text{c) } W = \ell_0 \frac{T_1}{T_0} \quad \text{d) } W = \ell_1 \frac{T_1 - T_0}{T_1}$$

28. Calculer l'efficacité  $\eta = \frac{Q_0}{W}$  de la machine, sachant que  $T_0 = 268 \text{ K}$  et  $T_1 = 288 \text{ K}$ .

$$\text{a) } \eta = 0,85 \quad \text{b) } \eta = 13,4 \quad \text{c) } \eta = 0,72 \quad \text{d) } \eta = 5,3$$

29. Deux cylindres  $C_1$  et  $C_2$ , de même section  $s$ , de même axe  $Ox$ , de conductivités thermiques  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ , de longueurs  $\ell_1$  et  $\ell_2$ , sont mis bout à bout, le contact s'établissant en  $x = 0$  (figure ci-dessous). Les surfaces latérales des deux cylindres sont parfaitement calorifugées et les deux extrémités  $x = -\ell_1$  et  $x = \ell_2$  sont maintenues aux températures respectives  $T_1$  et  $T_2$ . On étudie le régime stationnaire pour lequel la température  $T(x)$  est fonction de la seule variable  $x$ .



On désigne par  $T_0$  la température à la jonction en O ( $x = 0$ ) des deux cylindres. La conductivité thermique  $\lambda$  s'exprime, dans le système d'unité international (SI) en :

$$\text{a) } \text{J.m}^{-1}.\text{K} \quad \text{b) } \text{W.m}^{-2}.\text{K} \quad \text{c) } \text{J.K}^{-1} \quad \text{d) } \text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

30. Exprimer la loi d'évolution  $T_1(x)$  de la température dans le cylindre  $C_1$  en fonction de  $T_0$ ,  $T_1$  et  $\ell_1$ .

$$\begin{aligned} \text{a) } T_1(x) &= T_0 + (T_0 - T_1) \frac{x}{\ell_1} & \text{b) } T_1(x) &= T_1 - (T_0 - T_1) \frac{x}{\ell_1} \\ \text{c) } T_1(x) &= T_0 + (T_0 - T_1) \ln\left(\frac{x}{\ell_1}\right) & \text{d) } T_1(x) &= \frac{x}{\ell_1} \ln\left(\frac{T_0 - T_1}{T_0}\right) \end{aligned}$$

31. La résistance thermique d'un cylindre est définie par le rapport de la différence de température de ses deux bases sur le flux thermique à travers une section droite. Calculer la résistance thermique  $R_{\text{th1}}$  de  $C_1$ .

$$\text{a) } R_{\text{th1}} = \frac{\ell_1}{\lambda_1 s} \quad \text{b) } R_{\text{th1}} = \frac{\lambda_1 s}{\ell_1} \quad \text{c) } R_{\text{th1}} = \frac{\lambda_1 \ell_1}{s} \quad \text{d) } R_{\text{th1}} = \frac{\ell_1 s}{\lambda_1}$$

32. Exprimer la résistance thermique  $R_{\text{th}}$  de l'ensemble des deux cylindres.

$$\text{a) } R_{\text{th}} = \frac{\ell_1}{\lambda_1 s} + \frac{\ell_2}{\lambda_2 s} \quad \text{b) } R_{\text{th}} = \frac{\lambda_1 s}{\ell_1} + \frac{\lambda_2 s}{\ell_2} \quad \text{c) } R_{\text{th}} = \frac{\lambda_1 \ell_1}{s} + \frac{\lambda_2 \ell_2}{s} \quad \text{d) } R_{\text{th}} = \frac{\ell_1 s}{\lambda_1} + \frac{\ell_2 s}{\lambda_2}$$

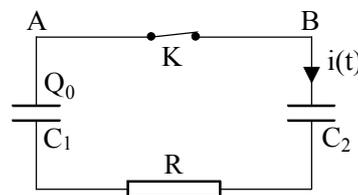
33. Exprimer la température  $T_0$  en fonction de  $T_1, T_2, R_{\text{th1}}$  et de la résistance thermique  $R_{\text{th2}}$  du cylindre  $C_2$ .

$$\text{a) } T_0 = \frac{T_1 R_{\text{th2}} + T_2 R_{\text{th1}}}{R_{\text{th1}} + R_{\text{th2}}} \quad \text{b) } T_0 = \frac{T_1 R_{\text{th1}} + T_2 R_{\text{th2}}}{R_{\text{th1}} + R_{\text{th2}}}$$

$$c) T_0 = \frac{T_1 R_{th2} - T_2 R_{th1}}{R_{th1} + R_{th2}}$$

$$d) T_0 = \frac{T_1 R_{th1} - T_2 R_{th2}}{R_{th1} + R_{th2}}$$

**34.** Le circuit représenté sur le schéma de la figure ci-contre est constitué de deux condensateurs et d'un résistor de résistance  $R$ . A l'instant  $t = 0$  où l'on ferme l'interrupteur  $K$ , l'armature du condensateur de capacité  $C_1$  connectée au point A porte la charge initiale  $Q_0$ . Le condensateur de capacité  $C_2$  est complètement déchargé. Montrer que le courant  $i(t)$  dans le circuit est régi par



l'équation différentielle :  $\tau \frac{di(t)}{dt} + i(t) = A$ , avec :

$$a) A = 0 \text{ et } \tau = \frac{RC_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$b) A = \frac{Q_0}{\tau} \text{ et } \tau = \frac{RC_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$c) A = 0 \text{ et } \tau = RC_1$$

$$d) A = \frac{Q_0}{\tau} \text{ et } \tau = R(C_1 + C_2)$$

**35.** Exprimer la valeur instantanée du courant  $i(t)$  dans le circuit.

$$a) i(t) = Q_0 \frac{RC_1 C_2}{C_1 + C_2} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

$$b) i(t) = \frac{Q_0}{R(C_1 + C_2)} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

$$c) i(t) = \frac{Q_0}{RC_2} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

$$d) i(t) = \frac{Q_0}{RC_1} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

**36.** Calculer l'énergie  $W_R$  dissipée par effet Joule dans le résistor lorsque le régime permanent est établi.

$$a) W_R = \frac{Q_0^2 C_1}{2C_2(C_1 + C_2)}$$

$$b) W_R = \frac{Q_0^2 C_2}{2C_1(C_1 + C_2)}$$

$$c) W_R = \frac{Q_0^2}{2(C_1 + C_2)}$$

$$d) W_R = \frac{Q_0^2(C_1 + C_2)}{2C_1 C_2}$$

**37.** Exprimer les charges finales  $Q_1$  et  $Q_2$  des armatures des condensateurs connectées respectivement aux points A et B.

$$a) Q_1 = \frac{Q_0 C_1}{C_1 + C_2}, Q_2 = \frac{Q_0 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$b) Q_1 = \frac{Q_0 C_2}{C_1 + C_2}, Q_2 = \frac{Q_0 C_1}{C_1 + C_2}$$

$$c) Q_1 = \frac{Q_0(C_1 + C_2)}{C_1}, Q_2 = \frac{Q_0(C_1 + C_2)}{C_2}$$

$$d) Q_1 = \frac{Q_0}{2}, Q_2 = \frac{Q_0}{2}$$

**38.** Calculer la variation d'énergie électrostatique  $\Delta \mathcal{E}$  de l'ensemble des deux condensateurs.

$$a) \Delta \mathcal{E} = \frac{-Q_0^2 C_1}{2C_2(C_1 + C_2)}$$

$$b) \Delta \mathcal{E} = \frac{-Q_0^2 C_2}{C_1(C_1 + C_2)}$$

$$c) \Delta \mathcal{E} = \frac{-Q_0^2 C_2}{2C_1^2}$$

$$d) \Delta \mathcal{E} = \frac{-Q_0^2 C_2}{2C_1(C_1 + C_2)}$$

**39.** Le bilan d'énergie électrique du circuit s'écrit :

$$a) \Delta \mathcal{E} + W_R = 0$$

$$b) \Delta \mathcal{E} - W_R = 0$$

$$c) \Delta \mathcal{E} + 2W_R = 0$$

$$d) 2\Delta \mathcal{E} - W_R = 0$$

**40.** On suppose que le circuit est isolé du milieu extérieur. Si l'on désigne par  $U$  l'énergie interne totale de ce système, le bilan d'énergie totale (*premier principe de la thermodynamique*) s'écrit :

$$a) \Delta U - W_R = 0$$

$$b) \Delta U + \Delta \mathcal{E} - W_R = 0$$

$$c) \Delta U + \Delta \mathcal{E} + W_R = 0$$

$$d) \Delta U + W_R = 0$$