

ICNA - SESSION 2000

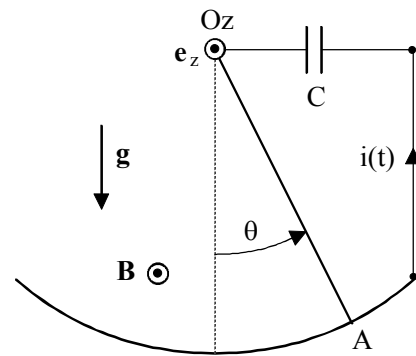
ÉPREUVE OPTIONNELLE DE PHYSIQUE

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] [18,19,20,21,22] [23,24,25,26,27,28]
 [29,30,31,32,33,34,35] [36,37,38,39,40]

1. Une tige métallique homogène OA, de masse m et de longueur ℓ , peut tourner autour d'un axe horizontal Oz. La liaison au niveau de son extrémité fixe O peut être considérée comme parfaite. L'extrémité mobile A glisse sans frottement sur un profil circulaire, de sorte qu'à chaque instant l'ensemble tige/profil assure la fermeture d'un circuit électrique constitué d'un condensateur de capacité C . L'ensemble est placé dans un champ magnétique uniforme et constant $\mathbf{B} = B\mathbf{e}_z$ dirigé suivant l'axe de rotation Oz (voir figure ci-contre).



On désigne par $i(t)$ la valeur instantanée du courant qui circule dans le circuit, par θ l'angle formé par la tige et la verticale et par \mathbf{g} l'accélération de la pesanteur. On négligera les chutes de tension dans les parties résistives du circuit. Donner l'expression de la force électromotrice d'induction $e(t)$ qui apparaît dans le circuit.

a) $e(t) = \frac{B\ell^2}{2} \frac{d\theta}{dt}$ b) $e(t) = B\ell^2 \frac{d\theta}{dt}$ c) $e(t) = \frac{B\ell^2}{4} \frac{d\theta}{dt}$ d) $e(t) = 2B\ell \frac{d\theta}{dt}$

2. Exprimer le courant $i(t)$ dans le circuit.

a) $i(t) = \frac{B\ell^2}{4C} \frac{d^2\theta}{dt^2}$ b) $i(t) = \frac{B\ell^2 C}{2} \frac{d\theta}{dt}$ c) $i(t) = \frac{B\ell^2}{2C} \frac{d^2\theta}{dt^2}$ d) $i(t) = \frac{B\ell^2 C}{2} \frac{d^2\theta}{dt^2}$

3. Calculer le moment résultant $M_L(\Delta)$ par rapport à l'axe $\Delta = Oz$ de la force magnétique de Laplace.

a) $M_L(\Delta) = -\frac{B^2\ell^4 C}{4} \frac{d^2\theta}{dt^2}$ b) $M_L(\Delta) = -\frac{B^2\ell^4}{2C} \frac{d^2\theta}{dt^2}$
 c) $M_L(\Delta) = -\frac{B^2\ell^2 C}{2} \frac{d^2\theta}{dt^2}$ d) $M_L(\Delta) = -\frac{B\ell^2}{4C} \frac{d^2\theta}{dt^2}$

4. Calculer la pulsation ω_1 des petites oscillations du pendule sachant que le moment d'inertie de la tige par rapport à l'axe de rotation $\Delta = Oz$ vaut $I(\Delta) = \frac{1}{3} m\ell^2$.

a) $\omega_1 = \sqrt{\frac{3mg}{m\ell + B^2\ell^3 C}}$ b) $\omega_1 = \sqrt{\frac{mg}{2m\ell + 5B^2\ell^2 C}}$
 c) $\omega_1 = \sqrt{\frac{6mg}{4m\ell + 3B^2\ell^3 C}}$ d) $\omega_1 = \sqrt{\frac{2mg}{3m\ell + B^2\ell^2 C}}$

5. Le condensateur est remplacé par une bobine d'inductance propre L et de résistance négligeable. Calculer la nouvelle pulsation ω_2 des petites oscillations du pendule.

a) $\omega_2 = \sqrt{\frac{3mg\ell + B^2 L^3}{4m\ell L}}$ b) $\omega_2 = \sqrt{\frac{6mg\ell + 3B^2 L^3}{4m\ell L}}$

$$\text{c) } \omega_2 = \sqrt{\frac{3mg\ell + 2B^2L^2}{4m\ell}}$$

$$\text{d) } \omega_2 = \sqrt{\frac{mgL + 4B^2\ell^3}{2m\ell}}$$

6. Un milieu, de constante diélectrique ϵ_0 et de perméabilité magnétique μ_0 égales à celles du vide, contient, par unité de volume, des nombres égaux n d'ions positifs (charge $+e$, masse M) et d'électrons (charge $-e$, masse m) de sorte que dans un volume mésoscopique (*macroscopiquement petit*) la charge totale soit globalement nulle.

On soumet ce milieu à l'action d'un champ électrique \mathbf{E} , d'amplitude E_0 , de pulsation ω , que l'on peut exprimer en notation complexe sous la forme : $\underline{\mathbf{E}} = \mathbf{E}_0 \exp(-i\omega t)$. On négligera les interactions entre particules.

Déduire des solutions forcées des équations différentielles du mouvement d'un ion et d'un électron, l'expression du courant volumique \mathbf{j} qui s'établit dans le milieu.

$$\text{a) } \mathbf{j} = -i \frac{n^2 e^2}{\omega^2} \left(\frac{M+m}{mM} \right) \mathbf{E}$$

$$\text{b) } \mathbf{j} = i \frac{ne^2}{\omega} \left(\frac{M+m}{mM} \right) \mathbf{E}$$

$$\text{c) } \mathbf{j} = -\frac{ne^2}{\omega} \left(\frac{M+m}{mM} \right) \mathbf{E}$$

$$\text{d) } \mathbf{j} = i \frac{ne}{\omega} \left(\frac{M+m}{mM} \right) \mathbf{E}$$

7. Le champ électrique de la question précédente est celui d'une onde électromagnétique plane monochromatique de vecteur d'onde \mathbf{k} . On notera \mathbf{B} le champ magnétique de l'onde et on négligera son action sur le mouvement des particules chargées du plasma. Des équations de Maxwell écrites en notation complexe, on peut déduire que :

a) Les champs \mathbf{E} et \mathbf{B} sont transverses et orthogonaux entre eux.

b) \mathbf{E} et \mathbf{B} sont orthogonaux entre eux mais seul \mathbf{E} est transversal.

c) \mathbf{E} et \mathbf{B} sont orthogonaux mais seul \mathbf{B} est transversal.

d) \mathbf{E} et \mathbf{B} sont transverses mais ne sont pas orthogonaux entre eux.

8. Montrer que la relation de dispersion $k(\omega)$ du milieu peut se mettre sous la forme :

$$k^2 = \frac{\omega^2}{c^2} \left(1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \right). \text{ Exprimer } \omega_p \text{ (pulsation plasma) et } c.$$

$$\text{a) } \omega_p = \sqrt{\frac{ne^2(M+m)}{\mu_0 mM}}, c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

$$\text{b) } \omega_p = \sqrt{\frac{ne^2 mM}{\epsilon_0(M+m)}}, c = \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$$

$$\text{c) } \omega_p = \sqrt{\frac{ne^2 \epsilon_0(M+m)}{\mu_0 mM}}, c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

$$\text{d) } \omega_p = \sqrt{\frac{ne^2(M+m)}{\epsilon_0 mM}}, c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

9. Calculer les vitesses de phase v_ϕ et de groupe v_g pour $\omega > \omega_p$.

$$\text{a) } v_\phi = \frac{\omega c}{\sqrt{\omega^2 - \omega_p^2}}, v_g = \frac{c}{\omega} \sqrt{\omega^2 - \omega_p^2} \quad \text{b) } v_\phi = \frac{c}{\omega} \sqrt{\omega^2 - \omega_p^2}, v_g = \frac{\omega c}{\sqrt{\omega^2 - \omega_p^2}}$$

$$\text{c) } v_\phi = \frac{\omega_p c}{\sqrt{\omega^2 - \omega_p^2}}, v_g = \frac{c}{\omega_p} \sqrt{\omega^2 - \omega_p^2} \quad \text{d) } v_\phi = \frac{\omega c}{\sqrt{\omega_p^2 - \omega^2}}, v_g = \frac{c}{\omega} \sqrt{\omega_p^2 - \omega^2}$$

10. Montrer que la propagation d'une onde dans un plasma est équivalente à la propagation d'une onde dans un milieu sans charge ni courant et de permittivité ϵ . Exprimer ϵ .

$$\text{a) } \epsilon = \epsilon_0 \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_p^2} \right) \quad \text{b) } \epsilon = \epsilon_0 \left(1 - \frac{\omega_p}{\omega} \right) \quad \text{c) } \epsilon = \epsilon_0 \left(1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \right) \quad \text{d) } \epsilon = \epsilon_0 \sqrt{1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}}$$

11. Les couches inférieures de l'atmosphère sont constituées d'un gaz neutre d'indice $n_i \approx 1$. Les couches supérieures (*ionosphère*) sont assimilables à un plasma analogue à celui étudié précédemment.

On définit l'indice n_s d'un tel milieu par la relation : $n_s^2 = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$. Une onde plane susceptible de se propager

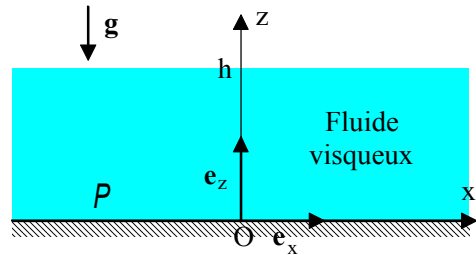
dans l'ionosphère aborde la couche ionosphérique sous l'incidence i .

Calculer la cosinus de l'angle i_t au-dessus duquel l'onde est totalement réfléchie vers le sol (*angle de réfraction limite*).

- a) $\cos i_t = \frac{\omega}{\omega_p}$ b) $\cos i_t = \frac{\omega_p}{\omega}$ c) $\cos i_t = \frac{\omega_p^2}{\omega^2}$ d) $\cos i_t = \frac{\omega^2}{\omega_p^2}$

12. Une plaque horizontale P est animée dans son plan xOy d'un mouvement de translation rectiligne oscillatoire sinusoïdal de pulsation $\omega = 500 \text{ rad.s}^{-1}$. La vitesse \mathbf{v}_p de la plaque est donnée à chaque instant par la relation : $\mathbf{v}_p = v_0 \sin(\omega t) \mathbf{e}_x$.

Cette plaque est surmontée, sur une hauteur h , d'un fluide visqueux homogène supposé incompressible, de masse volumique ρ et de viscosité dynamique η (voir figure ci-contre).



On assimilera la plaque à un plan infini de sorte que l'on pourra négliger les effets de bord. On négligera également les effets de la pesanteur.

Montrer que, dans ce modèle infini, le champ des vitesses $\mathbf{v}(x,y,z,t)$ du fluide peut s'écrire :

- a) $\mathbf{v} = v(x,z,t) \mathbf{e}_x$ b) $\mathbf{v} = v(x,y,t) \mathbf{e}_x$ c) $\mathbf{v} = v(x,t) \mathbf{e}_x$ d) $\mathbf{v} = v(z,t) \mathbf{e}_x$

13. Exprimer la force volumique de viscosité \mathbf{f} .

- a) $\mathbf{f} = \eta \frac{\partial^2 \mathbf{v}}{\partial z^2} \mathbf{e}_x$ b) $\mathbf{f} = \eta \frac{\partial^2 \mathbf{v}}{\partial x^2} \mathbf{e}_x$ c) $\mathbf{f} = \eta \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial z} \mathbf{e}_x$ d) $\mathbf{f} = \eta \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial x} \mathbf{e}_x$

14. Dédurre, de l'équation de Navier-Stokes, l'équation aux dérivées partielles à laquelle obéit la vitesse v .

- a) $\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\eta}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}$ b) $\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\eta}{\rho} \frac{\partial v}{\partial z}$ c) $\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\eta}{\rho} \frac{\partial v}{\partial x}$ d) $\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\eta}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}$

15. La solution physiquement acceptable de cette équation aux dérivées partielles peut se mettre sous la forme :

- a) $v(x, z, t) = v_0 \exp\left(-\frac{x}{\delta}\right) \sin\left(\omega t - \frac{z}{\delta}\right)$ b) $v(z, t) = v_0 \exp\left(-\frac{z}{\delta}\right) \sin\left(\omega t - \frac{z}{\delta}\right)$
 c) $v(x, t) = v_0 \exp\left(-\frac{x}{\delta}\right) \sin\left(\omega t - \frac{x}{\delta}\right)$ d) $v(z, t) = v_0 \sin\left(\omega t - \frac{z}{\delta}\right)$

16. Calculer δ pour $\eta = 2,33 \text{ kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ et $\rho = 1,26.10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.

- a) $\delta = 5,1 \text{ mm}$ b) $\delta = 7,2 \text{ mm}$ c) $\delta = 2,7 \text{ mm}$ d) $\delta = 4,3 \text{ mm}$

17. En déduire la puissance moyenne par unité de surface $\langle \mathcal{P} \rangle$ que doit fournir l'opérateur pour entretenir le mouvement de la plaque.

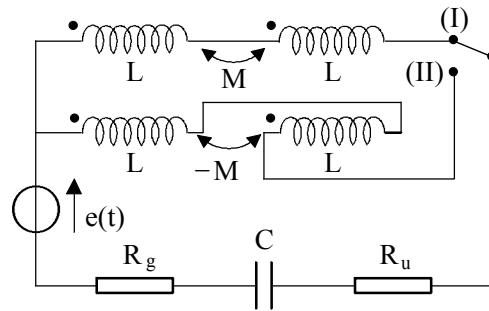
- a) $\langle \mathcal{P} \rangle = v_0^2 \sqrt{\frac{\rho \eta \omega}{2}}$ b) $\langle \mathcal{P} \rangle = v_0^2 \sqrt{\frac{\rho \eta \omega}{8}}$ c) $\langle \mathcal{P} \rangle = v_0^2 \sqrt{\frac{\rho \eta}{4}}$ d) $\langle \mathcal{P} \rangle = v_0^2 \sqrt{\frac{\eta \omega}{2\rho}}$

18. Un générateur de tension parfait alimente un circuit électrique constitué par deux impédances complexes $\underline{Z}_g = R_g + jX_g$ et $\underline{Z}_u = R_u + jX_u$ connectées en série. Quelles doivent être les relations, entre R_g et R_u d'une part et X_g et X_u d'autre part, pour que la puissance absorbée par \underline{Z}_u soit maximale ?

- a) $R_g = R_u$ b) $X_g = X_u$ c) $X_g = -X_u$ d) $R_g = X_u$

19. On considère le circuit électrique représenté sur le schéma de la figure ci-dessous constitué d'un condensateur de capacité C , d'un résistor de résistance R_u et deux bobines identiques d'inductance propre

L. Ces éléments sont tous connectés en série et les deux bobines peuvent, de plus, être couplés magnétiquement. On peut choisir le sens du couplage grâce à un interrupteur. Dans la position (I) l'inductance mutuelle M est positive tandis qu'elle est négative dans la position (II). Le coefficient de couplage $k = \frac{|M|}{L}$ peut être ajusté à une valeur comprise entre 0 et 1.



Le circuit est alimenté par un générateur de force électromotrice $e(t) = E_0 \cos(\omega t)$ de 50 V efficaces et de résistance interne $R_g = 5 \Omega$. Sa pulsation ω est telle que les impédances présentées par le condensateur et chacune des bobines non couplées sont respectivement 5Ω et 12Ω .

On désire que la puissance consommée dans R_u soit maximale. Quelle doit être la valeur de R_u ?

- a) $R_u = 7 \Omega$ b) $R_u = 5 \Omega$ c) $R_u = 3 \Omega$ d) $R_u = 12 \Omega$

20. Calculer cette puissance maximale $\mathcal{P}_{\text{umax}}$:

- a) $\mathcal{P}_{\text{umax}} = 125 \text{ W}$ b) $\mathcal{P}_{\text{umax}} = 25 \text{ W}$ c) $\mathcal{P}_{\text{umax}} = 50 \text{ W}$ d) $\mathcal{P}_{\text{umax}} = 75 \text{ W}$

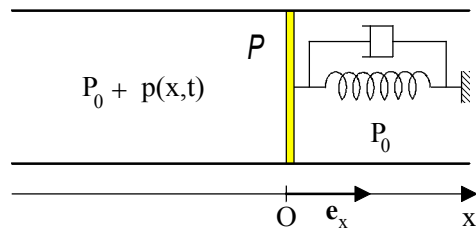
21. Quelle doit être la valeur du coefficient de couplage k ?

- a) $k = 0,512$ b) $k = 0,317$ c) $k = 0,415$ d) $k = 0,792$

22. La résistance du résistor vaut maintenant $R_u = 10 \Omega$. On fait varier k et éventuellement le sens du couplage des bobines. Déterminer la gamme de puissance qui peut alors être fournie au résistor R_u .

- a) $53 \text{ W} \leq \mathcal{P}_u \leq 78 \text{ W}$ b) $47 \text{ W} \leq \mathcal{P}_u \leq 92 \text{ W}$ c) $28 \text{ W} \leq \mathcal{P}_u \leq 102 \text{ W}$ d) $12 \text{ W} \leq \mathcal{P}_u \leq 111 \text{ W}$

23. Un cylindre horizontal de section droite S est rempli d'un gaz de masse volumique ρ_0 au repos et de coefficient de compressibilité isentropique χ_s . A l'équilibre, le gaz est à la pression atmosphérique P_0 . On note $p(x,t)$ la surpression ou pression acoustique à l'instant t dans le plan de cote x lorsqu'une onde acoustique se propage dans le gaz. On se placera dans le cadre de l'approximation acoustique. En appliquant le théorème du centre de masse à une tranche de gaz comprise entre les plans de cote x et $x + dx$, déterminer l'équation aux dérivées partielles liant la vitesse de déplacement $v(x,t)$ de la tranche de gaz considérée à la surpression $p(x,t)$ qui y règne.



- a) $\rho_0 \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial p}{\partial x}$ b) $\rho_0 \frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{\partial p}{\partial x}$ c) $\rho_0 \frac{\partial v}{\partial x} = -\frac{\partial p}{\partial t}$ d) $\rho_0 \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{\partial p}{\partial t}$

24. En supposant que la tranche de gaz subit une évolution adiabatique réversible au passage de l'onde, écrire une autre équation aux dérivées partielles liant $v(x,t)$ et $p(x,t)$.

- a) $\frac{\partial v}{\partial x} = \chi_s \frac{\partial p}{\partial t}$ b) $\frac{\partial v}{\partial t} = \chi_s \frac{\partial p}{\partial x}$ c) $\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{\chi_s}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x}$ d) $\frac{\partial v}{\partial x} = -\chi_s \frac{\partial p}{\partial t}$

25. En déduire la vitesse de propagation c de l'onde dans le gaz.

- a) $c = \frac{1}{\sqrt{\rho_0 \chi_s}}$ b) $c = \sqrt{\rho_0 \chi_s}$ c) $c = \sqrt{\frac{\rho_0}{\chi_s}}$ d) $c = \frac{1}{\rho_0 \chi_s}$

26. Le gaz est le siège d'une onde progressive plane monochromatique de pulsation ω et de vecteur d'onde $\mathbf{k}_i = k \mathbf{e}_x$ se propageant dans le sens des x croissants et d'une onde plane réfléchie de vecteur d'onde $\mathbf{k}_r = -k \mathbf{e}_x$ se propageant en sens inverse. En notation complexe, les surpressions $\underline{p}_i(x,t)$ et $\underline{p}_r(x,t)$ associées respectivement aux ondes directe et réfléchie s'écrivent :

$$\underline{p}_i(x,t) = \underline{p}_{0i} \exp[i(\omega t - kx)] \text{ et } \underline{p}_r(x,t) = \underline{p}_{0r} \exp[i(\omega t + kx)]$$

On note $\underline{p}(x, t)$ l'expression en notation complexe de la surpression résultant de la superposition des deux ondes.

L'onde réfléchiée provient de la réflexion de l'onde directe sur une paroi \mathcal{P} de masse m disposée dans le plan de cote $x = 0$ et pouvant se déplacer autour de cette position d'une quantité $\xi(t)$ (*très petite devant la longueur d'onde de l'onde acoustique*) avec une vitesse $\mathbf{u}(t) = u(t)\mathbf{e}_x$. Cette paroi est en outre soumise à l'action d'une force élastique que l'on peut modéliser par un ressort de raideur K et d'une force de frottement visqueux $\mathbf{f} = -2\alpha m\omega_0 u \mathbf{e}_x$ où α est une constante positive et $\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{m}}$. On admettra qu'à

droite de la paroi \mathcal{P} , l'air reste constamment à la pression atmosphérique P_0 .

Exprimer l'amplitude complexe \underline{u}_0 de la vitesse de déplacement de la paroi en *régime forcé*.

- a) $\underline{u}_0 = \frac{\omega_0 S (\underline{p}_{0i} + \underline{p}_{0r})}{m(\omega_0^2 - \omega^2 + 2i\alpha\omega_0\omega)}$ b) $\underline{u}_0 = \frac{i\omega_0 S (\underline{p}_{0i} + \underline{p}_{0r})}{m(\omega_0^2 - \omega^2 - 2i\alpha\omega_0\omega)}$
 c) $\underline{u}_0 = \frac{i\omega S (\underline{p}_{0i} + \underline{p}_{0r})}{m(\omega_0^2 - \omega^2 + 2i\alpha\omega_0\omega)}$ d) $\underline{u}_0 = \frac{i\omega S (\underline{p}_{0i} + \underline{p}_{0r})}{m(\omega_0^2 - \omega^2 - 2i\alpha\omega_0\omega)}$

27. On définit le coefficient de réflexion \underline{r} pour l'amplitude complexe de la surpression par la relation

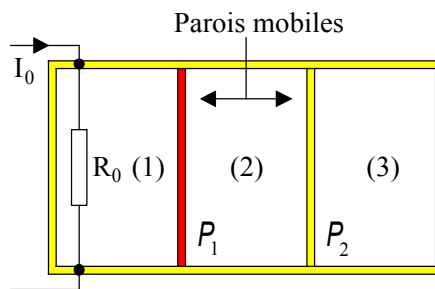
$\underline{r} = \frac{\underline{p}_{0r}}{\underline{p}_{0i}}$. Montrer que l'on peut mettre \underline{r} sous la forme : $\underline{r} = \frac{1 - \underline{A}(\omega)}{1 + \underline{A}(\omega)}$. Exprimer $\underline{A}(\omega)$.

- a) $\underline{A}(\omega) = \frac{i\rho_0 S \omega^2}{mk(\omega_0^2 - \omega^2 + 2i\alpha\omega_0\omega)}$ b) $\underline{A}(\omega) = \frac{i\rho_0 S \omega_0^2}{mk(\omega_0^2 - \omega^2 - 2i\alpha\omega_0\omega)}$
 c) $\underline{A}(\omega) = \frac{\rho_0 m S \omega_0^2}{k(\omega_0^2 - \omega^2 + 2i\alpha\omega_0\omega)}$ d) $\underline{A}(\omega) = \frac{i\rho_0 k S \omega^2}{m(\omega_0^2 - \omega^2 - 2i\alpha\omega_0\omega)}$

28. Calculer le coefficient de réflexion \underline{r}_0 lorsque la paroi est maintenue immobile en $x = 0$.

- a) $\underline{r}_0 = 0$ b) $\underline{r}_0 = 1$ c) $\underline{r}_0 = -1$ d) $\underline{r}_0 = \frac{1}{2}$

29. Un récipient à parois rigides et calorifugées est divisé en trois compartiments étanches par deux cloisons mobiles \mathcal{P}_1 et \mathcal{P}_2 pouvant se déplacer sans frottement. La cloison \mathcal{P}_1 est *diathermane* tandis que la cloison \mathcal{P}_2 est *adiabatique* (voir figure ci-contre). Les compartiments (1), (2) et (3) contiennent chacun une mole de gaz parfait diatomique. Un générateur électrique fournit de l'énergie au gaz par l'intermédiaire d'un résistor de résistance R_0 , de capacité thermique négligeable, parcouru par un courant constant d'intensité I_0 pendant une durée τ . Dans l'état initial, les gaz sont à la même température T_0 et à la même pression p_0 . Ils occupent alors chacun le même



volume V_0 . On désigne par R la constante des gaz parfaits et par $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$ le rapport des capacités

thermiques massiques à pression constante c_p et à volume constant c_v . On fait passer un courant suffisamment faible pour que le système évolue lentement. On arrête le chauffage lorsque la température du compartiment (3) est $T_{3f} = aT_0$ avec $a > 1$.

Calculer la pression finale p_f en fonction de p_0 , a et γ .

- a) $p_f = p_0 a^{\gamma/(\gamma-1)}$ b) $p_f = p_0 a^{\gamma/(1-\gamma)}$ c) $p_f = p_0 a^{(\gamma-1)/\gamma}$ d) $p_f = p_0 a^\gamma$

30. Calculer le volume V_{3f} du gaz dans le compartiment (3) en fonction de V_0 , a et γ .

- a) $V_{3f} = V_0 a^{(1-\gamma)}$ b) $V_{3f} = V_0 a^{-1/\gamma}$ c) $V_{3f} = V_0 a^{-\gamma}$ d) $V_{3f} = V_0 a^{1/(1-\gamma)}$

31. Exprimer le volume final V_{1f} du gaz dans le compartiment (1) en fonction de V_0 , a et γ .

- a) $V_{1f} = \frac{V_0}{2} (3 - a^{(1-\gamma)})$ b) $V_{1f} = \frac{V_0}{2} (3 - a^{-\gamma})$
 c) $V_{1f} = \frac{V_0}{2} (3 - a^{1/(1-\gamma)})$ d) $V_{1f} = \frac{V_0}{2} (3 - a^{-1/\gamma})$

32. En déduire la température finale T_{1f} du gaz dans le compartiment (1) en fonction de T_0 , a et γ .

- a) $T_{1f} = \frac{T_0}{2} a^\gamma (3 - a^{-1/(\gamma-1)})$ b) $T_{1f} = \frac{T_0}{2} a^{\gamma/(\gamma-1)} (3 + a^{1/(\gamma-1)})$
 c) $T_{1f} = \frac{T_0}{2} a^\gamma (3 - a^{-1/\gamma})$ d) $T_{1f} = \frac{T_0}{2} a^{\gamma/(\gamma-1)} (3 - a^{1/(1-\gamma)})$

33. Calculer le travail W_g fourni par le générateur.

- a) $W_g = \frac{R}{\gamma-1} (2T_{1f} + T_{3f} - 3T_0)$ b) $W_g = \frac{R}{\gamma-1} (T_{1f} + T_{3f} + T_0)$
 c) $W_g = \frac{R}{\gamma-1} (T_{1f} - T_{3f} + T_0)$ d) $W_g = \frac{R}{\gamma-1} (2T_{1f} + 3T_{3f} - 3T_0)$

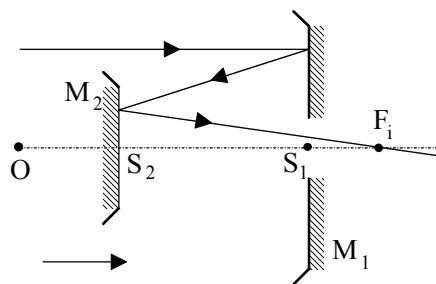
34. Calculer la variation d'entropie ΔS du système constitué par l'ensemble des gaz des trois compartiments.

- a) $\Delta S = R \left[\frac{1}{\gamma-1} \ln \left(\frac{T_{1f}}{T_0} \right) + \ln \left(\frac{2V_{1f}}{V_0} \right) \right]$ b) $\Delta S = 2R \left[\frac{1}{\gamma-1} \ln \left(\frac{T_{1f}}{T_0} \right) + \ln \left(\frac{V_{1f}}{V_0} \right) \right]$
 c) $\Delta S = R \left[\frac{\gamma}{\gamma-1} \ln \left(\frac{T_{1f}}{T_0} \right) + \ln \left(\frac{V_{1f}}{V_0} \right) \right]$ d) $\Delta S = 2R \left[\ln \left(\frac{T_{1f}}{T_0} \right) + \ln \left(\frac{V_{1f}}{V_0} \right) \right]$

35. Calculer l'entropie totale S_p produite dans le système constitué par l'ensemble des gaz et du résistor.

- a) $S_p = 0$ b) $S_p = \Delta S$ c) $S_p = -\Delta S$ d) $S_p = 2R \ln \left(\frac{T_{1f}}{T_0} \right)$

36. L'objectif d'un microscope est constitué de deux miroirs sphériques M_1 et M_2 de même centre O (voir figure ci-contre). Le miroir M_1 est *concave* et l'on désigne par $R_1 = |\overline{S_1O}|$ la valeur *arithmétique* de son rayon de courbure. Le miroir est percé d'une ouverture circulaire centrée sur son sommet S_1 . Le miroir M_2 de sommet S_2 est *convexe* et $R_2 = |\overline{S_2O}|$ représente la valeur *arithmétique* de son rayon de courbure. Il existe entre les valeurs *arithmétiques* des deux rayons la relation : $R_2 = kR_1$ avec $k < 1$.



La lumière qui provient d'un objet se propage d'abord de gauche à droite, se réfléchit sur M_1 puis sur M_2 pour traverser enfin l'ouverture pratiquée dans M_1 . La dimension de M_2 est suffisamment petite pour que l'on puisse considérer que ce miroir n'occulte pratiquement pas les rayons lumineux provenant d'un objet placé devant lui.

Un objet étendu est placé dans le plan de front passant par O . Trouver la position $\overline{OA_i}$ du point A_i conjugué de O par rapport à l'ensemble des deux miroirs.

- a) $\overline{OA_i} = 0$ b) $\overline{OA_i} = R_2$ c) $\overline{OA_i} = R_1$ d) $\overline{OA_i} = (k+1)R_1$

37. Quel est dans ce cas le grandissement transversal G_t de ce système optique ?

- a) $G_t = 1$ b) $G_t = -1$ c) $G_t = 2$ d) $G_t = -2$

38. On admettra que le système constitué par l'ensemble des deux miroirs est équivalent à une lentille mince L dont le centre optique est confondu avec le point O .

On considère un rayon lumineux parallèle à l'axe optique. Après réflexion sur M_1 puis sur M_2 , ce rayon coupe l'axe optique au point F_i représentant le foyer image de la lentille équivalente. Exprimer la distance focale image f_i de L en fonction de k .

$$\text{a) } f_i = \frac{kR_1}{2(1-k)} \quad \text{b) } f_i = \frac{R_1}{(1+k)} \quad \text{c) } f_i = \frac{kR_2}{(1+k)} \quad \text{d) } f_i = \frac{R_2}{2(1-k)}$$

39. Le système doit donner d'un objet situé dans un plan de front passant par un point A_o de l'axe une image renversée située dans un plan de front passant par le point A_i . Les positions $p_o = \overline{OA_o}$ et $p_i = \overline{OA_i}$ de ces points sont telles que le grandissement transversal G_t ait une valeur $G_t = m$ et que $\overline{A_oA_i} = D$.

Exprimer p_o et p_i en fonction de m et D .

$$\begin{array}{ll} \text{a) } p_o = \frac{D}{m}, p_i = \frac{D}{m-1} & \text{b) } p_o = \frac{D}{m+1}, p_i = \frac{mD}{m+1} \\ \text{c) } p_o = \frac{D}{m-1}, p_i = \frac{mD}{m-1} & \text{d) } p_o = \frac{D}{m+1}, p_i = \frac{(m-1)D}{m+1} \end{array}$$

40. De même, exprimer la distance focale image f_i de L en fonction de m et D .

$$\text{a) } f_i = \frac{-D}{m-1} \quad \text{b) } f_i = \frac{-Dm}{(m-1)^2} \quad \text{c) } f_i = \frac{(m+1)D}{m-1} \quad \text{d) } f_i = \frac{-Dm^2}{(m+1)^2}$$