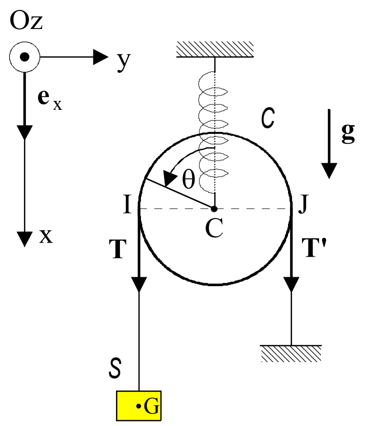
ICNA - SESSION 2004
ÉPREUVE OPTIONNELLE DE PHYSIQUE
ÉNONCÉ

Questions liées.

[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 poulie homogène $\mathcal{C}$ de centre de masse C, de masse M et de rayon a, est suspendue par son axe de rotation Cz à l'extrémité d'un ressort de raideur k et de longueur à vide ℓ_0 dont l'autre extrémité est maintenue fixe dans le référentiel d'étude $\mathcal{R}$(Oxyz). Un solide $\mathcal{S}$, de centre de masse G et de masse m, est suspendu à l'extrémité d'un fil f inextensible et sans masse qui passe dans la gorge de la poulie où il ne peut pas glisser et dont l'autre extrémité est maintenue fixe dans $\mathcal{R}$(Oxyyz). Le mouvement de rotation de la poulie est repéré par l'angle θ défini sur la figure ci-contre.



Déterminer la position x_{C0} du centre C de la poulie à l'équilibre.

a) $x_{C0} = \dfrac{(M+2m)g}{k} + \ell_0$ b) $x_{C0} = \dfrac{(M+m)g}{k} + \ell_0$

c) $x_{C0} = \dfrac{Mg}{k} + \ell_0$ d) $x_{C0} = \dfrac{(M+m)g}{2k} + \ell_0$

2. Exprimer la relation entre la vitesse $\mathbf{V}(G/\mathcal{R})$ du centre de masse G du solide $\mathcal{S}$ et la vitesse $\mathbf{V}(C/\mathcal{R})$ du centre de masse C de la poulie.

a) $\mathbf{V}(G/\mathcal{R}) = \mathbf{V}(C/\mathcal{R})$ b) $\mathbf{V}(G/\mathcal{R}) = \mathbf{V}(C/\mathcal{R}) - a\dot{\theta}\,\mathbf{i}$

c) $\mathbf{V}(G/\mathcal{R}) = 2\mathbf{V}(C/\mathcal{R}) + a\dot{\theta}\,\mathbf{i}$ d) $\mathbf{V}(G/\mathcal{R}) = 2\mathbf{V}(C/\mathcal{R})$

3. On désigne par $x = x_C - x_{C0}$ la quantité qui repère la position du point C par rapport à sa position d'équilibre x_{C0}. On rappelle que le moment d'inertie de la poulie par rapport à l'axe Cz s'écrit : $J = \dfrac{Ma^2}{2}$.

Écrire l'équation différentielle à laquelle x obéit.

a) $\dfrac{d^2x}{dt^2} = -\dfrac{k}{m+M}x$ b) $\dfrac{d^2x}{dt^2} = -\dfrac{2k}{8m+3M}x$ c) $\dfrac{d^2x}{dt^2} = -\dfrac{2k}{m+M}x$ d) $\dfrac{d^2x}{dt^2} = -\dfrac{k}{2m+M}x$

4. Exprimer la pulsation ω_0 des oscillations du solide $\mathcal{S}$.

a) $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{k}{m+M}}$ b) $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{2k}{m+M}}$ c) $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{2k}{8m+3M}}$ d) $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{k}{2m+M}}$

5. Le solide $\mathcal{S}$ est écarté de sa position d'équilibre d'une quantité ε_0 puis lâché sans vitesse initiale. On désigne par $\mathbf{T} = T\mathbf{i}$ la tension qu'exerce à chaque instant t la partie mobile du fil sur la poulie. Exprimer T.

a) $T = 3m\omega_0^2\varepsilon_0\cos(\omega_0 t)$ b) $T = mg + m\omega_0^2\varepsilon_0\cos(\omega_0 t)$

c) $T = mg - m\omega_0^2\varepsilon_0\sin(\omega_0 t)$ d) $T = mg + (m+2M)\omega_0^2\varepsilon_0\cos(\omega_0 t)$

6. On désigne par $\mathbf{T}' = T'\mathbf{i}$ la tension qu'exerce à chaque instant t la partie immobile du fil sur la poulie. Exprimer T'.

a) $T' = mg + \left(m + \frac{M}{4}\right)\omega_0^2 \varepsilon_0 \cos(\omega_0 t)$ b) $T' = mg + \left(m + \frac{M}{2}\right)\omega_0^2 \varepsilon_0 \cos(\omega_0 t)$

c) $T' = mg + \left(m + \frac{2M}{3}\right)\omega_0^2 \varepsilon_0 \cos(\omega_0 t)$ d) $T' = mg + (m + 2M)\omega_0^2 \varepsilon_0 \cos(\omega_0 t)$

7. Les gaz sortant d'une tuyère servent à la propulsion d'une fusée dont la masse initiale *totale* (*structure, équipement et mélange propulsif*) est $m_0 = 10^4$ kg. La vitesse d'éjection **u** des gaz par rapport à la fusée est supposée constante et vaut, en norme, u = 3920 m.s^{-1}. Le débit massique des gaz est noté D et il sera supposé constant dans le temps.
On désigne respectivement par m et **V** les valeurs à l'instant t de la masse de la fusée et de sa vitesse par rapport à un repère terrestre $\mathcal{R}$ (Oxyz) que l'on supposera galiléen et dont l'axe Oz est dirigé suivant la verticale ascendante.
On notera **g** l'accélération de la pesanteur et l'on supposera que sa norme g = 9,8 m.s^{-2} est indépendante de l'altitude z de la fusée.
Montrer que si l'on néglige la résistance de l'air, l'accélération a de la fusée dans le repère $\mathcal{R}$ (Oxyz) à l'instant t peut s'écrire : $\mathbf{a}(t) = \mathbf{g} - \frac{\mathbf{u}}{\tau - t}$.
Exprimer τ.

a) $\tau = \frac{2m_0}{D}$ b) $\tau = \frac{m_0}{2D}$ c) $\tau = \frac{m_0}{D}$ d) $\tau = \frac{4m_0}{5D}$

8. La masse m_c du mélange propulsif représente une proportion a de la masse initiale totale m_0 : $m_c = \alpha m_0$. Calculer le temps t_1 au bout duquel le carburant est totalement consommé.

a) $t_1 = 2\alpha\tau$ b) $t_1 = \alpha\tau$ c) $t_1 = \frac{\alpha}{2\tau}$ d) $t_1 = \frac{\alpha}{3\tau}$

9. Quelle est la vitesse V_1 atteinte par la fusée à l'instant t_1 où le carburant est consommé en totalité ?

a) $V_1 = u\ln(1-\alpha) + g\alpha\tau$ b) $V_1 = -u\ln\alpha - g\alpha\tau$

c) $V_1 = -u\ln\alpha + g(1-\alpha)\tau$ d) $V_1 = -u\ln(1-\alpha) - g\alpha\tau$

10. Quelle est alors l'altitude z_1 de la fusée ? On donne : $\int_0^y \ln(1-x)\,dx = -(1-y)\ln(1-y) - y$.

a) $z_1 = u\tau\left[\alpha + (1-\alpha)\ln(1-\alpha)\right] - \frac{1}{2}g\alpha^2\tau^2$ b) $z_1 = u\tau\left[\alpha - (1-\alpha)\ln(1-\alpha)\right] - \frac{1}{2}g\alpha^2\tau^2$

c) $z_1 = u\tau\left[\alpha - (1-\alpha)\ln(1-\alpha)\right] + g\alpha^2\tau^2$ d) $z_1 = u\tau\left[\alpha + (1-\alpha)\ln(1-\alpha)\right] - 2g\alpha^2\tau^2$

11. Donner la valeur numérique de τ sachant qu'à l'instant t = 0 l'accélération a(0) = g.

a) τ = 100 s b) τ = 300 s c) τ = 250 s d) τ = 200 s

12. Calculer numériquement en kilomètres la valeur entière arrondie de l'altitude z_1 si $\alpha = 1/2$.

a) z_1 = 71 km b) z_1 = 102 km c) z_1 = 47 km d) z_1 = 203 km

13. Calculer numériquement en kilomètres la valeur entière arrondie de l'altitude maximale z_2 atteinte par la fusée avant qu'elle retombe.

a) z_2 = 304 km b) z_2 = 108 km c) z_2 = 225 km d) z_2 = 402 km

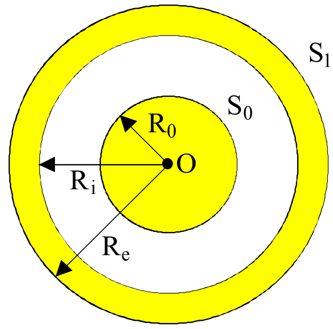
14. Une sphère métallique S_0, de rayon R_0, est portée à un potentiel V_0 puis *isolée*. Calculer la charge électrique surfacique σ_0 qu'elle a emmagasinée.

a) $\sigma_0 = \frac{4\pi\varepsilon_0 V_0}{R_0}$ b) $\sigma_0 = \frac{2\pi\varepsilon_0 V_0}{R_0}$ c) $\sigma_0 = \frac{R_0 V_0}{4\pi\varepsilon_0}$ d) $\sigma_0 = \frac{\varepsilon_0 V_0}{R_0}$

15. Calculer l'énergie électrostatique $\mathcal{E}$ de la sphère.

a) $\mathcal{E} = 2\pi\varepsilon_0 R_0 V_0^2$ b) $\mathcal{E} = 4\pi\varepsilon_0 R_0 V_0^2$ c) $\mathcal{E} = \varepsilon_0 R_0 V_0^2$ d) $\mathcal{E} = \dfrac{4\pi\varepsilon_0 R_0}{V_0^2}$

16. La sphère S_0 est maintenant entourée d'une sphère conductrice creuse S_1 *isolée* et initialement neutre, concentrique, de rayons intérieur R_i = 15 cm et extérieur R_e = 16 cm. Calculer le potentiel V_1 de la sphère S_1.



a) $V_1 = \dfrac{R_e}{R_i} V_0$ b) $V_1 = \dfrac{R_0}{R_i} V_0$

c) $V_1 = \dfrac{R_0}{R_e} V_0$ d) $V_1 = \dfrac{R_i}{R_0} V_0$

17. Exprimer le potentiel V(P) d'un point quelconque P situé entre les deux sphères à une distance $R_0 < r < R_i$. On notera Q_0 la charge totale portée par la sphère S_0.

a) $V(P) = \dfrac{Q_0}{4\pi\varepsilon_0}\left(\dfrac{1}{r} + \dfrac{1}{R_e} - \dfrac{1}{R_i}\right)$ b) $V(P) = \dfrac{Q_0}{4\pi\varepsilon_0 r}$

c) $V(P) = \dfrac{Q_0}{4\pi\varepsilon_0}\left(\dfrac{1}{r} + \dfrac{1}{R_e} - \dfrac{1}{R_0}\right)$ d) $V(P) = \dfrac{Q_0}{4\pi\varepsilon_0}\left(\dfrac{1}{r} + \dfrac{1}{R_0} - \dfrac{1}{R_i}\right)$

18. On impose maintenant que le potentiel V'_1 de S_1 soit nul. Quel est le nouveau potentiel V'_0 de S_0 ?

a) $V'_0 = V_0\left(1 - \dfrac{R_0}{R_e}\right)$ b) $V'_0 = V_0\left(1 - \dfrac{R_0}{R_i}\right)$ c) $V'_0 = V_0\left(1 - \dfrac{R_e}{R_0}\right)$ d) $V'_0 = V_0\left(1 - \dfrac{R_i}{R_0}\right)$

19. La sphère S_0 est maintenant portée au potentiel V''_0 et la sphère extérieure au potentiel $V''_1 = 0$. Calculer la charge Q'_0 portée par la sphère S_0.

a) $Q'_0 = 4\pi\varepsilon_0 \dfrac{R_0 R_e}{R_e - R_0} V''_0$ b) $Q'_0 = 4\pi\varepsilon_0 \dfrac{R_e R_i}{R_e - R_i} V''_0$

c) $Q'_0 = 4\pi\varepsilon_0 \dfrac{R_0 R_i}{R_i - R_0} V''_0$ d) $Q'_0 = 0$

20. Calculer l'énergie électrostatique $\mathcal{E}'$ du système formé par l'ensemble des deux sphères.

a) $\mathcal{E}' = 2\pi\varepsilon_0 \dfrac{R_0 R_i}{R_i - R_0} V''^2_0$ b) $\mathcal{E}' = 2\pi\varepsilon_0 \dfrac{R_0 R_e}{R_e - R_0} V''^2_0$

c) $\mathcal{E}' = 2\pi\varepsilon_0 \dfrac{R_e R_i}{R_i - R_e} V''^2_0$ d) $\mathcal{E}' = 0$

21. Une lunette de Galilée est constituée d'un objectif mince convergent L_1 de distance focale image $f'_1 = 15\text{cm}$ et d'un oculaire mince divergent L_2 de distance focale image $f'_2 = -5\text{cm}$.
Calculer numériquement le distance e = O_1O_2 entre les centres optiques respectifs O_1 et O_2 des lentilles L_1 et L_2 pour qu'un observateur dont l'œil est normal puisse voir en accommodant à l'infini l'image que donne la lunette d'un objet situé à l'infini.

a) e = 20 cm b) e = 10 cm c) e = 15 cm d) e = 12 cm

22. Un rayon lumineux entre dans l'instrument en faisant un angle α_1 avec l'axe optique. Exprimer l'angle α_2 que fait le rayon émergent avec l'axe optique.

a) $\alpha_2 = -\dfrac{f'_1}{f'_2}\alpha_1$ b) $\alpha_2 = -\dfrac{f'_2}{f'_1}\alpha_1$ c) $\alpha_2 = -\dfrac{f'_1 + f'_2}{f'_2}\alpha_1$ d) $\alpha_2 = -\dfrac{f'_1}{f'_1 + f'_2}\alpha_1$

23. On définit le grossissement G d'un instrument d'optique par le rapport $G = \frac{\alpha_i}{\alpha_o}$ de l'angle α_i sous lequel un observateur voit un objet à travers l'instrument sur l'angle α_o sous lequel il voit le même objet à l'œil nu. Calculer le grossissement G de la lunette.

a) $G = 3$ b) $G = -2$ c) $G = -1,5$ d) $G = 4$

Dans les questions qui suivent, il est avantageux d'exploiter les relations de conjugaison des lentilles minces qui utilisent les foyers objet et image pour repérer les positions respectives de l'objet et de l'image (*relations de Newton*).

24. Un objet de dimension $\overline{AB}$ est disposé dans le plan de front orthogonal à l'axe optique situé à une distance finie de la lunette. L'objectif en donne une image $\overline{A'B'}$ reprise par l'oculaire qui en donne une image définitive $\overline{A''B''}$ observable par l'œil. Calculer le grandissement transversal de la lunette défini par le rapport $\gamma = \frac{\overline{A''B''}}{\overline{A'B'}}$.

a) $\gamma = -\frac{f'_1 + f'_2}{f'_1}$ b) $\gamma = -\frac{f'_2}{f'_1 + f'_2}$ c) $\gamma = -\frac{f'_2}{f'_1}$ d) $\gamma = -\frac{f'_1}{f'_2}$

25. L'observateur dont la distance minimale de vision distincte est $\delta_m = 20\text{cm}$ regarde à travers la lunette un objet qui rapproche de lui. Le centre optique O de son œil est placé à une distance $d = \overline{O_2O} = 2\text{cm}$ de l'oculaire. Pour éviter de retoucher au tirage de la lunette, il accommode de façon à conserver une vision nette de l'objet à travers l'instrument. Jusqu'à quelle distance d_m = AO de l'observateur l'objet peut-il se rapprocher ?

a) d_m = 252 cm b) d_m = 321 cm c) d_m = 197 cm d) d_m = 144 cm

26. Calculer le grossissement G_1 de la lunette lorsque l'objet se trouve à cette distance minimale d_m.

a) $G_1 = -2,4$ b) $G_1 = -3,5$ c) $G_1 = -4,2$ d) $G_1 = -1,9$

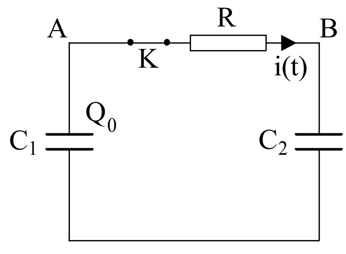
27. Un observateur myope dont la distance maximale de vision distincte est $\delta_M = 25\text{cm}$ observe à travers l'instrument, sans ses verres correcteurs, un objet situé à l'infini. Quelle doit être la nouvelle valeur $e' = O_1O_2$ de la distance entre les centres optiques des deux lentilles pour que l'observateur ait une vision nette de l'objet ?

a) e' = 11,22 cm b) e' = 12,33 cm c) e' = 7,98 cm d) e' = 8,61 cm

28. Quel est, dans ces conditions, le grossissement G_2 de la lunette sachant que l'observateur porte ses verres correcteurs lorsqu'il observe l'objet à l'infini sans instrument.

a) $G_2 = -3,36$ b) $G_2 = -4,51$ c) $G_2 = -2,16$ d) $G_2 = -5,33$

29. Un circuit est constitué d'un interrupteur K, d'un résistor de résistance R et de deux condensateurs de capacités respectives C_1 et C_2 connectés en série (*voir figure ci-contre*). 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 Q_0. Le condensateur de capacité C_2 est complètement déchargé.
Exprimer la charge finale Q_1 de l'armature du condensateur de capacité C_1 connectée au point A.



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

c) $Q_1 = Q_0 \frac{C_1 + C_2}{C_1}$ d) $Q_1 = Q_0 \frac{C_1 + C_2}{C_2}$

30. Exprimer la charge finale Q_2 de l'armature du condensateur de capacité C_2 connectée au point B.

a) $Q_2 = Q_0 \frac{C_1}{C_1 + C_2}$ b) $Q_2 = Q_0 \frac{C_2}{C_1 + C_2}$ c) $Q_2 = Q_0 \frac{C_1 + C_2}{C_1}$ d) $Q_2 = Q_0 \frac{C_1 + C_2}{C_2}$

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

a) $\Delta\mathcal{E} = -\dfrac{Q_0^2 C_1}{2C_2\left(C_1 + C_2\right)}$ b) $\Delta\mathcal{E} = -\dfrac{Q_0^2\left(C_1 + C_2\right)}{C_1 C_2}$

c) $\Delta\mathcal{E} = -\dfrac{Q_0^2 C_2}{2C_1\left(C_1 + C_2\right)}$ d) $\Delta\mathcal{E} = -\dfrac{Q_0^2\left(C_1 + C_2\right)}{2C_1 C_2}$

32. Montrer que la valeur instantanée i(t) de l'intensité du courant dans le circuit pendant le régime transitoire s'écrit : $i\left(t\right) = I_0 \exp\left(-t/\tau\right)$. Exprimer I_0.

a) $I_0 = \dfrac{Q_0}{RC_2}$ b) $I_0 = \dfrac{Q_0\left(C_1 + C_2\right)}{RC_1C_2}$ c) $I_0 = \dfrac{Q_0}{R\left(C_1 + C_2\right)}$ d) $I_0 = \dfrac{Q_0}{RC_1}$

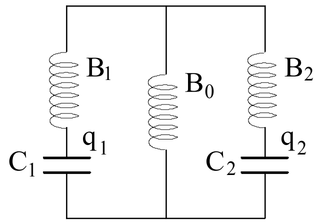
33. Exprimer τ.

a) $\tau = R\left(C_1 + C_2\right)$ b) $\tau = RC_1$ c) $\tau = R\dfrac{C_1C_2}{C_1 + C_2}$ d) $\tau = RC_2$

34. Calculer l'énergie $\mathcal{E}_J$ dissipée sous forme de chaleur par effet Joule dans le résistor de résistance R.

a) $\mathcal{E}_J = \dfrac{Q_0^2C_1}{2C_2\left(C_1 + C_2\right)}$ b) $\mathcal{E}_J = \dfrac{Q_0^2C_2}{2C_1\left(C_1 + C_2\right)}$ c) $\mathcal{E}_J = \dfrac{Q_0^2}{2\left(C_1 + C_2\right)}$ d) $\mathcal{E}_J = \dfrac{Q_0^2C_1C_2}{2\left(C_1 + C_2\right)}$

35. On considère le circuit représenté par le schéma de la figure ci-contre. Les bobines B_1 et B_2 ont même coefficient d'auto-inductance L. La bobine B_0 a un coefficient d'auto-inductance L_0. Les condensateurs C_1 et C_2 ont la même capacité C. 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. Les condensateurs C_1 et C_2 portent les charges initiales respectives $q_1(0) = Q_0$ et $q_2(0) = 0$.



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

a) $\left(L + L_0\right)\dfrac{d^2q_1(t)}{dt^2} + L_0\dfrac{d^2q_2(t)}{dt^2} + \dfrac{q_1(t)}{C} = 0$ et $\left(L + L_0\right)\dfrac{d^2q_2(t)}{dt^2} + L_0\dfrac{d^2q_1(t)}{dt^2} + \dfrac{q_2(t)}{C} = 0$

b) $L\dfrac{d^2q_1(t)}{dt^2} + L_0\dfrac{d^2q_2(t)}{dt^2} + \dfrac{q_1(t)}{C} = 0$ et $L_0\dfrac{d^2q_2(t)}{dt^2} + L\dfrac{d^2q_1(t)}{dt^2} + \dfrac{q_2(t)}{C} = 0$

c) $\left(L + 2L_0\right)\dfrac{d^2q_1(t)}{dt^2} + 2L_0\dfrac{d^2q_2(t)}{dt^2} + \dfrac{q_2(t)}{C} = 0$ et $\left(2L + L_0\right)\dfrac{d^2q_2(t)}{dt^2} + 2L_0\dfrac{d^2q_1(t)}{dt^2} + \dfrac{q_1(t)}{C} = 0$

d) $L_0\dfrac{d^2q_1(t)}{dt^2} + 2L\dfrac{d^2q_1(t)}{dt^2} + \dfrac{q_2(t)}{C} = 0$ et $L\dfrac{d^2q_2(t)}{dt^2} + L_0\dfrac{d^2q_1(t)}{dt^2} + \dfrac{q_2(t)}{C} = 0$

36. Calculer les fréquences propres Ω_1 et Ω_2 du circuit.

a) $\Omega_1 = \dfrac{1}{\sqrt{\left(L + L_0\right)C}}$ et $\Omega_2 = \dfrac{1}{\sqrt{2LC}}$ b) $\Omega_1 = \dfrac{1}{\sqrt{\left(2L + 2L_0\right)C}}$ et $\Omega_2 = \dfrac{1}{\sqrt{L_0C}}$

c) $\Omega_1 = \dfrac{1}{\sqrt{\left(L + 2L_0\right)C}}$ et $\Omega_2 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$ d) $\Omega_1 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$ et $\Omega_2 = \dfrac{1}{\sqrt{L_0C}}$

37. Exprimer $q_1(t)$.

a) $q_1\left(t\right) = Q_0\left[\cos\left(\Omega_1 t\right) + \sin\left(\Omega_2 t\right)\right]$

b) $q_1\left(t\right) = Q_0\left[\cos\left(\left(\Omega_1 + \Omega_2\right)t\right) + \sin\left(\left(\Omega_1 + \Omega_2\right)t\right)\right]$

c) $q_1\left(t\right) = \dfrac{Q_0}{2}\left[\cos\left(\left(\Omega_1 - \Omega_2\right)t\right) + \cos\left(\left(\Omega_1 + \Omega_2\right)t\right)\right]$

d) $q_1(t) = \frac{Q_0}{2}\left[\cos(\Omega_1 t) + \cos(\Omega_2 t)\right]$

38. Exprimer $q_2(t)$.

a) $q_2(t) = Q_0\left[\sin(\Omega_1 t) - \sin(\Omega_2 t)\right]$

b) $q_2(t) = Q_0\left[\sin((\Omega_1 - \Omega_2)t) - \sin((\Omega_1 + \Omega_2)t)\right]$

c) $q_2(t) = \frac{Q_0}{2}\left[\cos(\Omega_1 t) - \cos(\Omega_2 t)\right]$

d) $q_2(t) = \frac{Q_0}{2}\left[\cos((\Omega_1 - \Omega_2)t) - \cos((\Omega_1 + \Omega_2)t)\right]$

39. Sachant que $q_1(0) = Q_0$ quelle doit être la valeur $Q_{02} = q_2(0)$ de la charge initiale du condensateur C_2 si l'on veut exciter le mode propre correspondant à la pulsation Ω_1 ?

a) $Q_{02} = Q_0$ b) $Q_{02} = -Q_0$ c) $Q_{02} = 0$ d) $Q_{02} = -2Q_0$

40. Quelle doit être la valeur $Q'_{02} = q_2(0)$ si l'on veut exciter le mode propre correspondant à la pulsation Ω_2 ?

a) $Q'_{02} = Q_0$ b) $Q'_{02} = -Q_0$ c) $Q'_{02} = -2Q_0$ d) $Q'_{02} = 0$