4| CONCOURS AVENIR 2011

Sujet

Exercice 1

1. Pour faire le tour de la Terre (en suivant l'Equateur), il faut parcourir une distance d'environ :
a) 4 000 km.
b) 40 000 km.
c) 400 000 km.
d) 4 000 000 km.

2. Laquelle des quatre unités suivantes n'est pas une unité mesurant l'énergie ?
a) Le joule
b) Le watt
c) Le kilowattheure
d) La calorie

3. La masse molaire de l'eau est de 18 g par mole. Donner l'ordre de grandeur du nombre de molécules d'eau contenues dans une bouteille d'un litre :
a) 3.10^{21} molécules
b) 3.10^{23} molécules
c) 3.10^{25} molécules
d) 3.10^{27} molécules

4. Les trajectoires réelles décrites par les planètes autour du soleil sont :
a) des cercles.
b) des hélices.
c) des hyperboles.
d) des ellipses.

5. La lumière du soleil met environ 8 minutes pour parvenir sur terre. On en déduit que la distance de la terre au soleil est de :
a) $1{,}44.10^{6}$ km.
b) $1{,}44.10^{7}$ km.
c) $1{,}44.10^{8}$ km.
d) $1{,}44.10^{9}$ km.

6. Hors programme.

7. Si F est l'intensité d'une force, a une accélération, m une masse, v une vitesse, t une durée et d une distance, laquelle des expressions suivantes est homogène à une puissance ?

a) m . F

b) F . d . t

c) $\dfrac{d \, . \, a \, . \, t}{m}$

d) $\dfrac{m \, . \, a \, . \, d}{t}$

8. Quand on règle son poste de radio sur la fréquence FM 100 MHz, combien de fois par seconde oscille l'onde captée ?

a) 10^7 fois

b) 10^8 fois

c) 10^9 fois

d) 10^{10} fois

9. A combien de m² correspond 1 hectare ?

a) 10^3 m²

b) 10^4 m²

c) 10^5 m²

d) 10^6 m²

10. Une douche a un débit de 15 litres par minute. Ce débit correspond à :

a) $1{,}5 \, . \, 10^{-3}$ m³/s

b) $2{,}5 \, . \, 10^{-3}$ m³/s

c) $2{,}5 \, . \, 10^{-4}$ m³/s

d) $4 \, . \, 10^{-4}$ m³/s

11. On souhaite peser une quantité de liquide. On commence par peser un flacon vide et on obtient un résultat de 47 ± 2 g. On pèse ensuite le même flacon rempli du liquide et on obtient un résultat de 297 ± 13 g. La masse du liquide avec l'incertitude de la pesée est de :

a) 250 ± 11 g

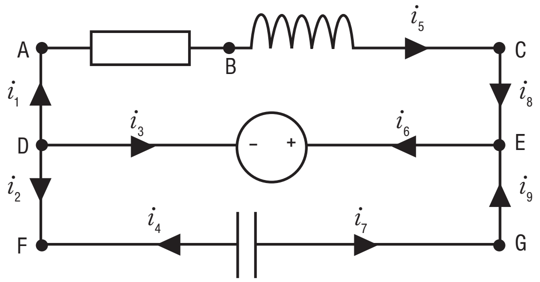
b) 250 ± 15 g

c) 250 ± 13 g

d) 250 ± 7,5 g

Exercice 2

On considère le circuit électrique suivant :



12. On a la relation :

a) $u_{AB} - u_{CB} + u_{EC} + u_{ED} = 0$
b) $u_{AB} + u_{BC} - u_{EC} = u_{DE}$
c) $u_{BA} + u_{BC} = u_{EC} + u_{DE}$
d) aucune des trois réponses précédentes

13. On a la relation :

a) $u_{DF} - u_{GF} = u_{GE} + u_{ED}$
b) $u_{FD} + u_{GF} + u_{GE} = u_{ED}$
c) $u_{DF} + u_{FG} - u_{EG} + u_{DE} = 0$
d) aucune des trois réponses précédentes

14. On a la relation :

a) $u_{AF} + u_{GF} + u_{GC} - u_{BC} = u_{AB}$
b) $u_{AF} + u_{FG} = u_{GC} + u_{BC} + u_{BA}$
c) $u_{GC} - u_{Bc} + u_{BA} = u_{GF} - u_{AF}$
d) aucune des trois réponses précédentes

15. On a la relation :

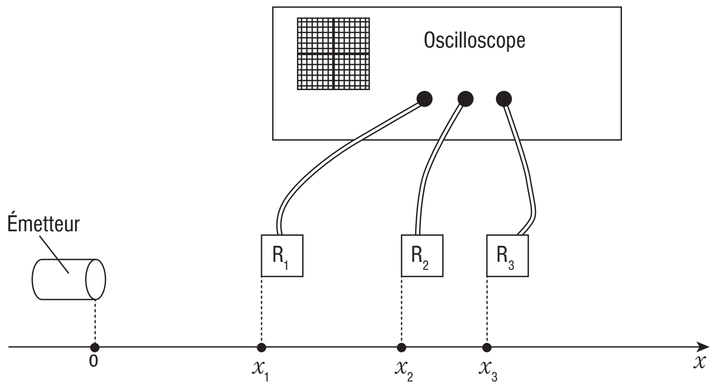
a) $i_1 + i_2 = i_4$
b) $i_1 + i_7 + i_3 = 0$
c) $i_4 - i_3 = i_1$
d) aucune des trois relations précédentes

16. On a la relation :

a) $i_5 + i_6 - i_3 + i_1 = 0$
b) $i_7 + i_9 = i_5 + i_8$
c) $i_2 + i_9 + i_4 + i_8 = i_6$
d) aucune des trois réponses précédentes

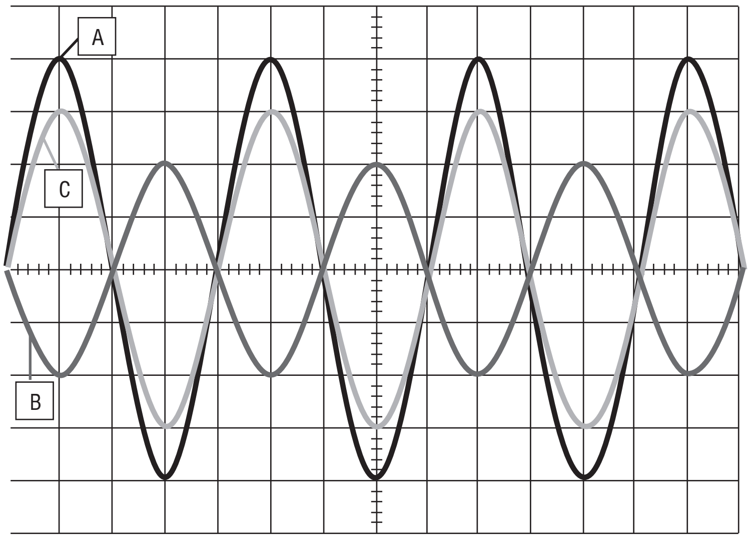
Exercice 3

Un dispositif émet une onde ultrasonore qui se propage dans l'air jusqu'à trois récepteurs R_1, R_2 et R_3. Les récepteurs sont reliés à un oscilloscope, ce qui permet de visualiser les signaux reçus (voir schéma suivant).



On repère les positions des trois récepteurs par rapport à l'émetteur à l'aide des abscisses x_1, x_2, x_3 des projections des trois récepteurs sur un axe ($0x$) ; l'émetteur se projette à l'origine 0 de l'axe ($0x$). Comme sur le schéma, x_1, x_2, x_3 sont tous les trois positifs et on a $x_1 < x_2 < x_3$. On obtient sur l'oscilloscope les trois courbes suivantes.

On a la même sensibilité sur toutes les voies de l'oscilloscope : le balayage vertical est de 1 mV par division et le balayage horizontal de 12,5 µs par division.



17. On peut affirmer que :

a) les courbes A et B sont en phase.
b) les courbes A et C sont en opposition de phase.
c) les courbes A, B et C n'ont pas la même période.
d) les courbes B et C sont en opposition de phase.

18. On peut affirmer que :

a) la courbe A correspond au récepteur R_3.
b) la courbe B correspond au récepteur R_3.
c) la courbe C correspond au récepteur R_3.
d) on ne peut déterminer quelle courbe correspond à quel récepteur.

19. La période des ondes émises est de :

a) 5.10^{-3} s
b) 5.10^{-5} s
c) $2{,}5.10^{-3}$ s
d) $2{,}5.10^{-5}$ s

20. La fréquence des ondes émises est de :

a) 20 kHz.
b) 20 Hz.
c) 40 kHz.
d) 40 Hz

On souhaite calculer la vitesse de propagation des ondes dans l'air. Pour cela, on déplace le récepteur R_3 progressivement vers la droite (dans le sens des x croissants), tout en laissant fixes les récepteurs R_1 et R_2. Au départ, les courbes correspondant aux récepteurs R_1 et R_2 sont en opposition de phase avec la courbe correspondant au récepteur R_3.

Pour obtenir pour la première fois à nouveau l'opposition de phase entre les courbes sur l'écran de l'oscilloscope, il faut déplacer le récepteur R_3 de 2 cm vers la droite.

On désigne par λ la longueur d'onde des ondes ultrasonores considérées, par v leur vitesse de propagation dans l'air et T leur période.

21. On a la relation :

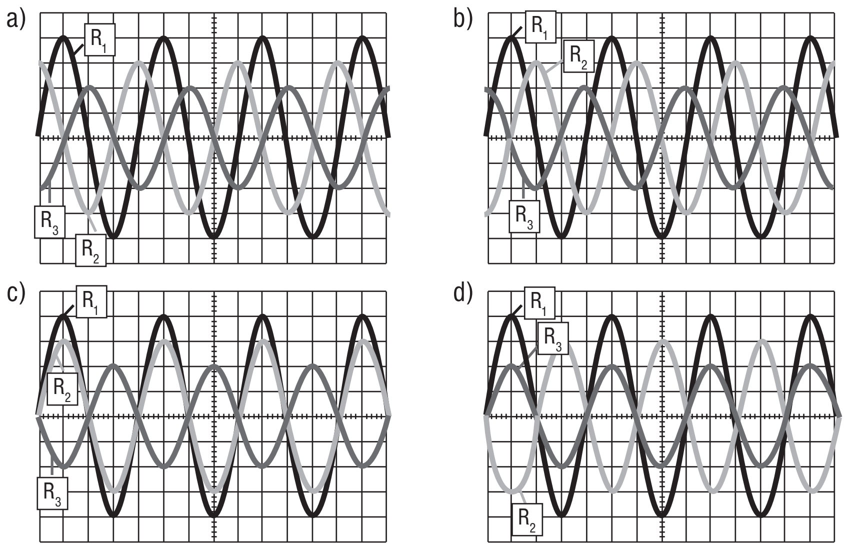
a) $v = \lambda T$
b) $v = \dfrac{T}{\lambda}$
c) $\lambda = v.T$
d) $T = \lambda v$

22. La vitesse des ultrasons dans l'air est alors de :

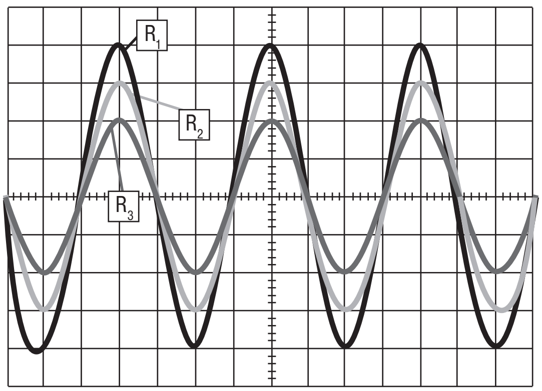
a) 300 m . s^{-1}
b) 340 m . s^{-1}
c) 400 m . s^{-1}
d) 420 m . s^{-1}

On déplace maintenant les récepteurs R_2 et R_3 tout en laissant le récepteur R_1 fixe. Après le déplacement on a x_1 = 20 cm, x_2 = 31,5 cm et x_3 = 40,5 cm.

23. Parmi les quatre écrans suivants lequel correspond à celui obtenu sur l'écran de l'oscilloscope après le déplacement ?



24. Parmi les quatre positions suivantes laquelle pourrait donner l'écran d'oscilloscope qui suit ?



a) x_1 = 20 cm, x_2 = 32 cm et x_3 = 40 cm
b) x_1 = 21 cm, x_2 = 31 cm et x_3 = 42 cm
c) x_1 = 20 cm, x_2 = 30 cm et x_3 = 41 cm
d) x_1 = 21 cm, x_2 = 31 cm et x_3 = 41 cm

25. On plonge maintenant dans l'eau l'émetteur et les récepteurs R_1, R_2 et R_3. On conserve la même fréquence que précédemment. Suivant le même principe que précédemment en déplaçant progressivement le récepteur R_3, on constate une longueur d'onde quatre fois plus grande par rapport à celle observée dans l'air. La vitesse de propagation des ondes ultrasonores dans l'eau vaut :
a) 1 360 $m.s^{-1}$
b) 680 $m.s^{-1}$
c) 1 600 $m.s^{-1}$
d) 1 500 $m.s^{-1}$

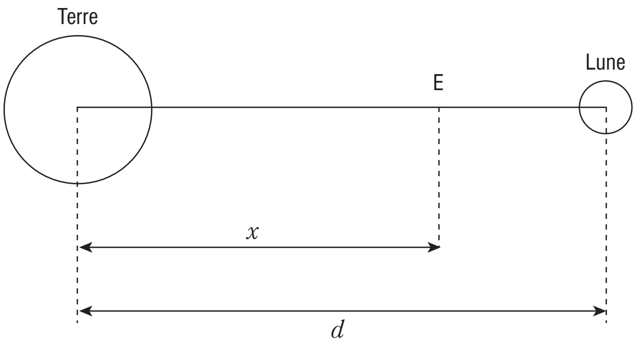
Exercice 4

On considère deux objets ponctuels A et B de masses respectives m_A et m_B, séparés par une distance d. On note $\overrightarrow{F_{B/A}}$ la force d'attraction exercée par l'objet B sur l'objet A et $\overrightarrow{F_{A/B}}$ la force d'attraction exercée par l'objet A sur l'objet B. On note $\overrightarrow{u_{AB}} = \frac{\overrightarrow{AB}}{d}$ le vecteur unitaire de la droite (AB) orienté de A vers B. On donne la valeur de la constante de gravitation G = $6{,}67.10^{-11}$ S.I.

26. On a l'égalité :
a) $\overrightarrow{F_{B/A}} = -G\frac{m_A m_B}{d^2}\overrightarrow{u_{AB}}$
b) $\overrightarrow{F_{B/A}} = \overrightarrow{F_{A/B}}$
c) $\overrightarrow{F_{B/A}} = G\frac{m_A m_B}{d^2}\overrightarrow{u_{AB}}$
d) $\overrightarrow{F_{B/A}} = G\frac{m_A m_B}{d}\overrightarrow{u_{AB}}$

27. Dans le système international d'unités, la constante de gravitation G s'exprime en :
a) $N.m.kg^{-2}$
b) $N.m^2.kg^{-1}$
c) $m^2.kg^{-1}.s^{-2}$
d) $m^3.kg^{-1}.s^{-2}$

On cherche le point d'équigravité E entre la terre et la lune (le point où les attractions respectives de la terre et de la lune s'annulent). On considère le schéma suivant (les échelles ne sont pas respectées).



On donne la masse de la Terre $m_T = 6.10^{21}$ T, celle de la Lune $m_L = 7.10^{19}$ T, ainsi que la distance terre-lune d = 380 000 km.

28. On a le résultat :

a) $x = \dfrac{\sqrt{\dfrac{m_T}{m_L}}}{1+\sqrt{\dfrac{m_T}{m_L}}}.d$

b) $x = \dfrac{1+\sqrt{\dfrac{m_T}{m_L}}}{\sqrt{\dfrac{m_T}{m_L}}}.d$

c) $x = \dfrac{1}{1+\sqrt{\dfrac{m_T}{m_L}}}.d$

d) aucune des trois réponses précédentes

On considère un satellite en orbite autour de la lune, à une altitude h. On donne le rayon de la Lune : R_L = 1 700 km. On considèrera dans toute la suite de l'exercice que l'altitude h est suffisamment petite pour que l'attraction terrestre soit négligeable devant celle de la lune. On note g_0 la valeur du champ de pesanteur à la surface de la Lune.

29. On a la relation :

a) $g_0 = \dfrac{Gm_L}{R_L}$

b) $g_0 = \dfrac{Gm_L}{(R_L)^2}$

c) $g_0 = \dfrac{G}{(R_L)^2}$

d) $g_0 = \dfrac{G}{R_L}$

30. En première approximation, on considère que $\dfrac{R_T}{R_L} = 4$ et que $\dfrac{m_T}{m_L} = 100$. On souhaite comparer la valeur du champ de pesanteur g_T à la valeur g_0 du champ de pesanteur à la surface de la Lune. On a la relation :

a) $g_0 = \dfrac{16}{100}.g_T$

b) $g_0 = \dfrac{1}{6}.g_T$

c) $g_0 = \dfrac{32}{100}.g_T$

d) aucune des trois réponses précédentes

31. Si on note g la valeur du champ de pesanteur lunaire à l'altitude h du satellite, on a :

a) $g = g_0.\left(\dfrac{R_L}{R_L + h}\right)^2$

b) $g = g_0.\dfrac{R_L}{R_L + h}$

c) $g = g_0.\dfrac{R_L}{h}$

d) $g = g_0.\left(\dfrac{R_L}{h}\right)^2$

32. On suppose que le mouvement du satellite est circulaire uniforme. On peut dire à propos du satellite que :

a) son accélération est nulle.

b) son accélération est tangentielle à la trajectoire.

c) son accélération est normale, dirigée vers l'extérieur.

d) son accélération est normale, dirigée vers l'intérieur.

33. v désigne la valeur de la vitesse du satellite, ω sa vitesse angulaire et a la valeur de son accélération. On a la relation :

a) $a = \dfrac{v^2}{h}$

b) $a = \omega^2.(R_L + h)$

c) $a = \dfrac{\omega^2}{R_L + h}$

d) aucune des trois réponses précédentes

34. On a la relation :

a) $v = \sqrt{\dfrac{(R_L)^2.g_0}{R_L + h}}$

b) $v = \sqrt{\dfrac{R_L.h.g_0}{R_L + h}}$

c) $v = h\sqrt{\dfrac{g_0}{R_L + h}}$

d) aucune des trois réponses précédentes

35. La vitesse angulaire du satellite est de :

a) $\omega = \dfrac{(R_L)^2.g_0}{(R_L + h)^3}$

b) $\omega = \sqrt{\dfrac{(R_L)^2.g_0}{(R_L + h)^3}}$

c) $\omega = \sqrt{\dfrac{g_0}{R_L + h}}$

d) aucune des trois réponses précédentes

36. La période de révolution du satellite est de :

a) $T = \dfrac{R_L + h}{R_L}\sqrt{\dfrac{R_L + h}{g_0}}$

b) $T = \dfrac{2\pi.R_L}{R_L + \mathrm{h}}\sqrt{\dfrac{R_L + h}{g_0}}$

c) $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{R_L + h}{g_0}}$

d) aucune des trois réponses précédentes

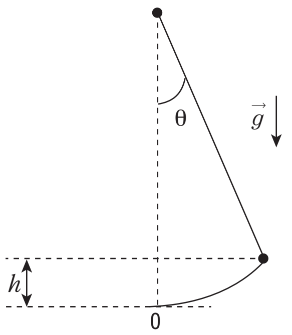
Exercice 5

On étudie trois systèmes physiques oscillants (parties A, B, C). Les parties A, B et C sont indépendantes : seule la partie D utilise les résultats des autres parties.

Partie A : Pendule simple

Un pendule est constitué d'une bille de masse m fixée à l'extrémité d'un fil de longueur l et de masse négligeable. On note θ l'angle du fil par rapport à la verticale. Le système évolue dans le champ de pesanteur terrestre $\vec{g}$. On supposera que les oscillations sont de faible amplitude, c'est-à-dire que les angles θ considérés sont petits.

On écarte le pendule d'un angle θ_0 de sa position d'équilibre et on le lâche à t = 0 avec une vitesse initiale nulle. Tous les frottements sont négligés.



La masse m est soumise à deux forces : son poids $\vec{P}$ et la tension du fil $\vec{T}$.

37. On note h l'altitude de la bille, l'altitude 0 étant prise à la position d'équilibre. On a la relation :

a) $h = l.\sin\theta$
b) $h = l.\cos\theta$
c) $h = l.(1 - \sin\theta)$
d) $h = l.(1 - \cos\theta)$

38. On peut affirmer :

a) il y a conservation au cours du temps de l'énergie potentielle de pesanteur de la bille.
b) il y a conservation au cours du temps de l'énergie cinétique de la bille.
c) il y a conservation de l'énergie mécanique de la bille.
d) aucune des trois réponses précédentes.

39. On a la relation :

a) $\frac{1}{2}m.l^2.(\dot{\theta})^2 + m.g.l.(1 - \cos\theta) = \text{constante}$

b) $\frac{1}{2}m.(\dot{\theta})^2 + m.g.l.\cos\theta = \text{constante}$

c) $\frac{1}{2}m.l^2.(\dot{\theta})^2 + \frac{1}{2}m.g.l.(1 - \cos\theta) = \text{constante}$

d) aucune des trois réponses précédentes

40. En dérivant la relation précédente, on obtient l'équation différentielle :

a) $m.l^2.\dot{\theta}\,\ddot{\theta} + m.g.l.\dot{\theta}\,(\sin\theta) = 0$

b) $m.l^2.\dot{\theta} + m.g.l.\dot{\theta}\,(\cos\theta) = 0$

c) $m.\dot{\theta}\,\ddot{\theta} + \frac{1}{2}m.g.l.\dot{\theta}\,(\sin\theta) = 0$

d) aucune des trois réponses précédentes

On admettra que pour des angles θ petits, on a : $\sin\theta \approx \theta$.

41. On a l'équation différentielle :

a) $\ddot{\theta} + \frac{g}{l}.\theta = 0$

b) $\ddot{\theta} - \frac{g}{l}.\theta = 0$

c) $\ddot{\theta} + \frac{mg}{l}.\theta = 0$

d) aucune des trois réponses précédentes

42. Hors programme.

43. La période des oscillations du pendule est :

a) $T_0 = 2\pi.\sqrt{\frac{g}{l}}$

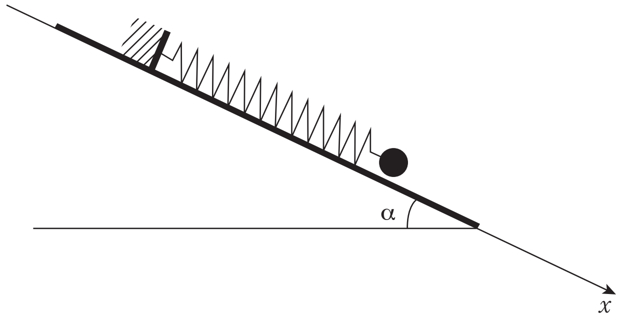
b) $T_0 = 2\pi.\sqrt{\frac{l}{g}}$

c) $T_0 = \sqrt{\frac{l}{g}}$

d) aucune des trois réponses précédentes

Partie B : Système masse-ressort

On considère le système suivant :



Sur un plan incliné, une masse m est fixée à l'extrémité d'un ressort, lui-même fixé par son autre extrémité à un mur fixe. Le plan incliné est équipé d'un banc à coussins d'air, de sorte que les frottements peuvent être négligés.

Le ressort est à spires non jointives, a une longueur à vide l_0 et une constante de raideur k. On considérera que le ressort est sans masse. On repère la position de la masse par la projection de son centre de gravité sur un axe $(0x)$, parallèle au plan incliné.

A partir de la position d'équilibre 0 prise comme origine, on écarte la masse m d'une longueur $x_0 > 0$ et on la lâche sans vitesse initiale à l'instant $t = 0$.

44. On note L la longueur du ressort à l'équilibre. On a :

a) $m.g.\sin\alpha = k.L$
b) $m.g.\cos\alpha = k.L$
c) $m.g.\sin\alpha = k.(L - l_0)$
d) $m.g.\cos\alpha = k.(L - l_0)$

45. On a l'équation différentielle :

a) $m\ddot{x} + k.x = 0$
b) $m\ddot{x} + k.(L + x - l_0)x + m.g.\sin\alpha = 0$
c) $m\ddot{x} + k.(x - l_0) - m.g.\sin\alpha = 0$
d) aucune des trois relations précédentes

46. On considère l'énergie totale du système masse-ressort. La conservation de l'énergie mécanique s'écrit :

a) $\frac{1}{2}k(L + x - l_0)^2 + \frac{1}{2}m(\dot{x})^2 - mgx\sin\alpha$ = constante

b) $\frac{1}{2}k(x - l_0)^2 + \frac{1}{2}m(\dot{x})^2 - mgx\sin\alpha$ = constante

c) $\frac{1}{2}k(L + x - l_0)^2 + \frac{1}{2}m(\dot{x})^2 + mgx\sin\alpha$ = constante

d) aucune des trois réponses précédentes

47. En dérivant la relation de conservation de l'énergie mécanique, on obtient :

a) $k.\dot{x}(L + x - l_0) + \frac{1}{2}m.\dot{x}\ddot{x} - mg\dot{x}\sin\alpha = 0$

b) $k.\dot{x}(L + x - l_0) + m.\dot{x}\ddot{x} - mg\dot{x}\sin\alpha = 0$

c) $k.(L + x - l_0) + \frac{1}{2}m.\dot{x}\ddot{x} - mg\dot{x}\sin\alpha = 0$

d) aucune des trois réponses précédentes

48. On a alors l'équation différentielle :

a) $k.(L + x - l_0) + m.\ddot{x} - mg\sin\alpha = 0$

b) $k.(L + x) + m.\ddot{x} - mg\sin\alpha = 0$

c) $k.x + m.\ddot{x} - mg\sin\alpha = 0$

d) aucune des trois réponses précédentes

49. La résolution des équations différentielles est hors programme.

50. La période des oscillations du pendule est :

a) $T_0 = 2\pi.\sqrt{\frac{k}{m}}$

b) $T_0 = \sqrt{\frac{m}{k}}$

c) $T_0 = \sqrt{\frac{m.\sin\alpha}{k}}$

d) aucune des trois réponses précédentes

Partie C : Hors programme