

Physique appliquée

Concours I.E.S.S.A. – Session 2024

Durée : 4 heures

Tout dispositif électronique est interdit, en particulier l'usage de la calculatrice.

Chaque question comporte au plus deux réponses exactes. Pour chaque question numérotée entre 1 et 40, vous vous trouvez en face de quatre possibilités :

- soit vous décidez de ne pas traiter cette question : vous ne devez alors cocher aucune case;
- soit vous jugez que la question comporte une seule bonne réponse : vous devez cocher l'une des cases A, B, C, D;
- soit vous jugez que la question comporte deux réponses exactes : vous devez cocher deux des cases A, B, C, D et deux seulement;
- soit vous jugez qu'aucune des réponses proposées A, B, C, D n'est bonne : vous devez alors cocher la case E.

Le sujet comporte cinq parties totalement indépendantes :

- partie I : questions 1 à 9;
- partie II : questions 10 à 17;
- partie III : questions 18 à 28;
- partie IV : questions 29 à 35;
- partie V : questions 36 à 40.

Formulaire mathématique.

Opérateurs mathématiques en coordonnées cylindriques.

En un point M de coordonnées (r, θ, z) :

- le laplacien scalaire d'une fonction f s'écrit :

$$\Delta f = \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \cdot \frac{\partial f}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 f}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}, \quad \blacksquare \quad (1)$$

- et le gradient d'une fonction f s'écrit :

$$\overrightarrow{\text{grad}}(f) = \frac{\partial f}{\partial r} \cdot \vec{e}_r + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial f}{\partial \theta} \cdot \vec{e}_\theta + \frac{\partial f}{\partial z} \cdot \vec{e}_z. \quad \blacksquare \quad (2)$$

Opérateurs mathématiques en coordonnées sphériques.

En un point M de coordonnées (r, θ, φ) le gradient d'une fonction f s'écrit :

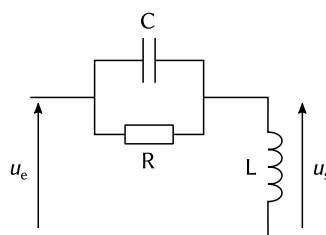
$$\overrightarrow{\text{grad}}(f) = \frac{\partial f}{\partial r} \cdot \vec{e}_r + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial f}{\partial \theta} \cdot \vec{e}_\theta + \frac{1}{r \cdot \sin(\theta)} \cdot \frac{\partial f}{\partial \varphi} \cdot \vec{e}_\varphi. \quad \blacksquare \quad (3)$$

Première partie.

Dans le montage électrique ci-dessous, le générateur de tension délivre un échelon de tension :

$$\begin{cases} u_e(t) = 0 & \text{pour } t < 0 \\ u_e(t) = E & \text{pour } t \geq 0. \end{cases} \quad \blacksquare \quad (4)$$

À $t = 0$, le condensateur est déchargé et aucun courant ne traverse la bobine.



▲ FIGURE 1

1. Juste après la fermeture de l'interrupteur, la tension u_s a pour expression :

- (a) $u_s = 0$. (c) $u_s = -E$.
 (b) $u_s = E$. (d) $u_s = 2 \cdot E$.

2. Juste après la fermeture de l'interrupteur, la dérivée de la tension u_s par rapport au temps a pour expression :

- (a) $\frac{du_s}{dt} = 0$. (c) $\frac{du_s}{dt} = -\frac{E}{R \cdot C}$.
 (b) $\frac{du_s}{dt} = \frac{E}{R \cdot C}$. (d) $\frac{du_s}{dt} = \frac{2 \cdot E}{R \cdot C}$.

3. Au bout d'un temps très long ($t \rightarrow \infty$), la tension u_s a pour expression :

- (a) $u_s = 0$. (c) $u_s = -E$.
 (b) $u_s = E$. (d) $u_s = 2 \cdot E$.

4. Quelle que soit la forme de $u_e(t)$, l'équation différentielle reliant u_e et u_s a pour forme canonique :

$$\frac{d^2 u_s}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q} \cdot \frac{du_s}{dt} + \omega_0^2 \cdot u_s = A \cdot u_e + B \cdot \frac{du_e}{dt} + D \cdot \frac{d^2 u_e}{dt^2}. \quad \blacksquare \quad (5)$$

Dans cette forme, l'expression de ω_0 est :

- (a) $\omega_0 = \frac{1}{R \cdot C}$. (c) $\omega_0 = \frac{R}{L}$.
 (b) $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$. (d) $\omega_0 = \sqrt{L \cdot C}$.

5. Le facteur de qualité Q a pour expression :

- (a) $Q = \frac{R \cdot \sqrt{L}}{\sqrt{C}}$. (c) $Q = \frac{R \cdot \sqrt{C}}{\sqrt{L}}$.
 (b) $Q = \frac{\sqrt{C}}{R \cdot \sqrt{L}}$. (d) $Q = \frac{\sqrt{L}}{R \cdot \sqrt{C}}$.

6. Dans la forme canonique donnée à la Qu. 4, A a pour expression :

- (a) $A = 0$. (c) $A = \frac{1}{R^2 \cdot C^2}$.
 (b) $A = \frac{1}{L \cdot C}$. (d) $A = \frac{R^2}{L^2}$.

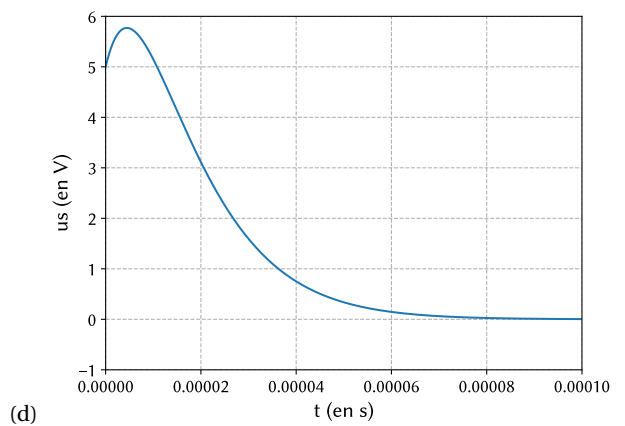
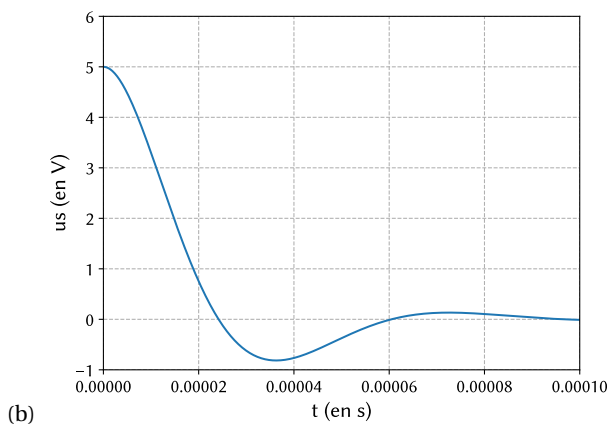
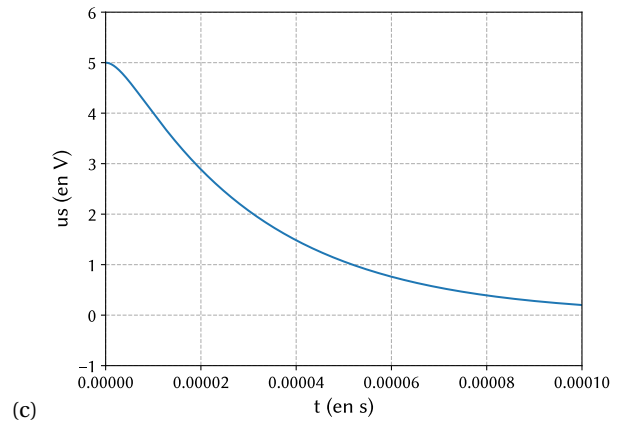
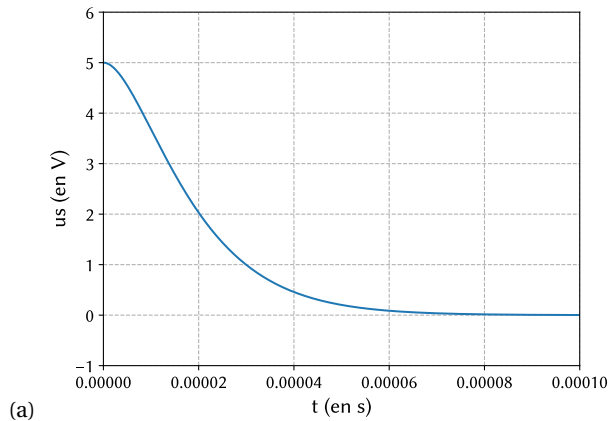
7. B a pour expression :

- (a) $B = 0$. (c) $B = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$.
 (b) $B = \frac{R}{L}$. (d) $B = \frac{1}{R \cdot C}$.

8. D a pour expression :

- (a) $D = 1$. (c) $D = 0$.
 (b) $D = -1$. (d) $D = \frac{1}{L \cdot C}$.

9. Pour $R = 1 \text{ k}\Omega$, $L = 10 \text{ mH}$, $C = 10 \text{ nF}$ et $E = 5 \text{ V}$, la résolution de l'équation différentielle vérifiée par $u_s(t)$ pour $t > 0$ donne l'un des quatre chronogrammes suivants :



Deuxième partie.

Deux sphères concentriques de centre O et de rayons R_1 et R_2 ($R_2 > R_1$) sont séparées par un matériau de conductivité thermique K. On se place en coordonnées sphériques. Un point M de l'espace est repéré par les coordonnées sphériques (r, θ, φ) :

$$\overrightarrow{OM} = r \cdot \vec{e}_r.$$

■ (6)

On se place en régime stationnaire et on pourra considérer que la température en un point M entre les deux sphères ne dépend que de r .

La sphère de rayon R_1 est maintenue à une température constante T_1 alors que la sphère de rayon R_2 est maintenue à une température constante T_2 .

10. Quelle est l'unité de K ?

- (a) $\text{W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$.
(b) $\text{W} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^{-1}$.

- (c) $\text{W} \cdot \text{K} \cdot \text{m}$.
(d) $\text{W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}$.

11. Dans les conditions usuelles de température et de pression, quel est l'ordre de grandeur de la conductivité thermique de l'air dans le système international d'unités ?

- (a) 10^{-5} .
(b) 10^{-2} .

- (c) 10.
(d) 10^3 .

12. Dans les conditions usuelles de température et de pression, quel est l'ordre de grandeur de la conductivité thermique de l'acier dans le système international d'unités ?

- (a) 10^{-5} . (c) 10.
(b) 10^{-2} . (d) 10^3 .

13. Entre les deux sphères, le vecteur densité de flux thermique est noté $\vec{j}_Q(M) = j_Q(r) \cdot \vec{e}_r$. $j_Q(r)$ vérifie l'équation :

- (a) $j_Q(r) = j_Q(r + dr)$. (c) $j_Q(r) = \frac{K \cdot (T_1 - T_2)}{R_2 - R_1}$.
(b) $r \cdot j_Q(r) = (r + dr) \cdot j_Q(r + dr)$. (d) $r^2 \cdot j_Q(r) = (r + dr)^2 \cdot j_Q(r + dr)$.

14. L'équation locale vérifiée par la température s'écrit :

- (a) $\frac{d^2 T}{dr^2} = 0$. (c) $\frac{d}{dr} \left(r \cdot \frac{dT}{dr} \right) = 0$.
(b) $\frac{d}{dr} \left(r^2 \cdot \frac{dT}{dr} \right) = 0$. (d) $\frac{dT}{dr} = \frac{T_1 - T_2}{R_2 - R_1}$.

15. Entre les deux sphères, la température $T(r)$ s'écrit :

- (a) $T(r) = \frac{T_2 - T_1}{R_2 - R_1} \cdot (r - R_1) + T_1$. (c) $T(r) = \frac{T_2 - T_1}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} \cdot \ln\left(\frac{r}{R_1}\right) + T_1$.
(b) $T(r) = \frac{T_1 - T_2}{\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}} \cdot \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R_1} \right) + T_1$. (d) $T(r) = \frac{T_1 - T_2}{\frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{R_2^2}} \cdot \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{R_1^2} \right) + T_1$.

16. L'expression de la puissance thermique P_{th} sortant de la petite sphère de rayon R_1 est :

- (a) $P_{th} = \frac{4 \cdot \pi \cdot K \cdot (T_1 - T_2)}{\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}}$. (c) $P_{th} = \frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot R_1 \cdot (T_1 - T_2)}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$.
(b) $P_{th} = \frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot (T_1 - T_2)}{R_2 - R_1}$. (d) $P_{th} = \frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot (T_1 - T_2)}{R_1 \cdot \left(\frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{R_2^2} \right)}$.

17. La résistance thermique R_{th} du système s'écrit :

- (a) $R_{th} = \frac{R_2 - R_1}{2 \cdot \pi \cdot K \cdot R_1 \cdot R_2}$. (c) $R_{th} = \frac{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot K \cdot R_1}$.
(b) $R_{th} = \frac{\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}}{4 \cdot \pi \cdot K}$. (d) $R_{th} = \frac{R_1 \cdot \left(\frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{R_2^2} \right)}{2 \cdot \pi \cdot K \cdot R_1}$.

Troisième partie.

Un fil AB sans masse, de longueur $L = 1$ m, est fixé en A. Un objet considéré comme ponctuel, de masse $m = 100$ g est accroché en B. Le fil reste toujours dans le plan (O, x, y) .

Le référentiel $(\mathcal{R})$ lié à (O, x, y, z) est supposé galiléen. $(\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$ forme une base orthonormée directe.

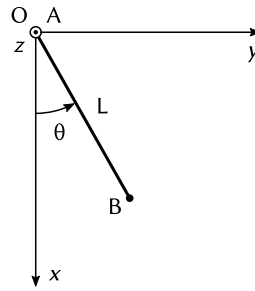
Le champ de pesanteur est supposé uniforme. $\vec{g} = g \cdot \vec{e}_x$. On prendra $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

On repère par θ l'angle entre l'axe vertical descendant (O_x) et le fil.

Pour les questions 18 à 23, le point A est confondu avec O et on néglige les frottements.

18. Le moment cinétique de la masse placée en B par rapport à O, noté $\vec{L}_{/O}$, a pour expression :

- (a) $\vec{L}_{/O} = L^2 \cdot \frac{d\theta}{dt} \cdot \vec{e}_z$. (c) $\vec{L}_{/O} = m \cdot L^2 \cdot \frac{d\theta}{dt} \cdot \vec{e}_z$.
(b) $\vec{L}_{/O} = m \cdot L \cdot \frac{d\theta}{dt} \cdot \vec{e}_z$. (d) $\vec{L}_{/O} = L \cdot \frac{d\theta}{dt} \cdot \vec{e}_z$.



▲ FIGURE 2

19. Le moment $M_{/Oz}$ du poids par rapport à (O_z) a pour expression :

- (a) $M_{/Oz} = m \cdot g \cdot L \cdot \cos(\theta)$. (c) $M_{/Oz} = m \cdot g \cdot L \cdot \sin(\theta)$.
 (b) $M_{/Oz} = -m \cdot g \cdot L \cdot \cos(\theta)$. (d) $M_{/Oz} = -m \cdot g \cdot L \cdot \sin(\theta)$.

20. L'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} de B a pour expression, en prenant pour référence $E_{pp} = 0$ au niveau du point O¹ :

- (a) $E_{pp} = m \cdot g \cdot L \cdot \cos(\theta)$. (c) $E_{pp} = m \cdot g \cdot L \cdot \sin(\theta)$.
 (b) $E_{pp} = -m \cdot g \cdot L \cdot \cos(\theta)$. (d) $E_{pp} = -m \cdot g \cdot L \cdot \sin(\theta)$.

21. L'équation différentielle vérifiée par θ est :

- (a) $\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{L} \cdot \sin(\theta) = 0$. (c) $\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{L} \cdot \cos(\theta) = 0$.
 (b) $\frac{d^2\theta}{dt^2} - \frac{g}{L} \cdot \sin(\theta) = 0$. (d) $\frac{d^2\theta}{dt^2} - \frac{g}{L} \cdot \cos(\theta) = 0$.

22. Dans le module `scipy.integrate` de Python, la fonction `odeint` permet d'intégrer une équation différentielle de la forme $y' = f(y, t)$ avec $y(t_0) = y_0$. La syntaxe est `odeint(f, y0, tab)` où :

- `f` est la fonction apparaissant dans l'équation,
- `y0` est la valeur initiale,
- `tab` est un tableau avec les valeurs de t pour lesquelles on veut calculer y .

Parmi les quatre scripts Python ci-dessous, un seul permet de résoudre numériquement l'équation différentielle de la Qu. 21 et de tracer $\theta(t)$ avec les conditions initiales $\theta(t=0) = 2 \text{ rad}$ et $(d\theta/dt)(t=0) = 0 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ pour t variant de 0 à 6 s. Lequel?

(a) Listing A :

```
1  import numpy as np
   import matplotlib.pyplot as plt
3  from scipy.integrate import odeint # Module de résolution des équations différentielles

5  g = 10 # en m.s-2
   L = 1  # en m

7
   # Création de la liste des temps
9  temps = np.linspace(0, 6, 1000)

11 # Résolution numérique de l'équation différentielle
   def F(X, temps):
13     return (X[1], g / L * np.sin(X[0]))

15 solution = odeint(F, [2, 0], temps)
   theta = solution[:, 0]
17 plt.plot(temps, theta)
   plt.xlabel('temps')
19 plt.ylabel('theta')
   plt.show()
```

1. Cette indication n'est pas donnée dans l'énoncé original.

(b) Listing B :

```

1  import numpy as np
2  import matplotlib.pyplot as plt
3  from scipy.integrate import odeint # Module de résolution des équations différentielles
4
5  g = 10 # en m.s-2
6  L = 1 # en m
7
8  # Création de la liste des temps
9  temps = np.linspace(0, 6, 1000)
10
11 # Résolution numérique de l'équation différentielle
12 def F(X, temps):
13     return (X[1], -g / L * np.sin(X[0]))
14
15 solution = odeint(F, [2, 0], temps)
16 theta = solution[:, 0]
17 plt.plot(temps, theta)
18 plt.xlabel('temps')
19 plt.ylabel('theta')
20 plt.show()

```

(c) Listing C :

```

1  import numpy as np
2  import matplotlib.pyplot as plt
3  from scipy.integrate import odeint # Module de résolution des équations différentielles
4
5  g = 10 # en m.s-2
6  L = 1 # en m
7
8  # Création de la liste des temps
9  temps = np.linspace(0, 6, 1000)
10
11 # Résolution numérique de l'équation différentielle
12 def F(X, temps):
13     return (X[1], g / L * np.cos(X[0]))
14
15 solution = odeint(F, [2, 0], temps)
16 theta = solution[:, 0]
17 plt.plot(temps, theta)
18 plt.xlabel('temps')
19 plt.ylabel('theta')
20 plt.show()

```

(d) Listing D :

```

1  import numpy as np
2  import matplotlib.pyplot as plt
3  from scipy.integrate import odeint # Module de résolution des équations différentielles
4
5  g = 10 # en m.s-2
6  L = 1 # en m
7
8  # Création de la liste des temps
9  temps = np.linspace(0, 6, 1000)
10
11 # Résolution numérique de l'équation différentielle
12 def F(X, temps):
13     return (X[1], -g / L * np.cos(X[0]))
14
15 solution = odeint(F, [2, 0], temps)
16 theta = solution[:, 0]
17 plt.plot(temps, theta)
18 plt.xlabel('temps')
19 plt.ylabel('theta')
20 plt.show()

```

23. Pour les petits mouvements autour de l'équilibre, la période, notée T , de $\theta(t)$ a pour expression :

(a) $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{g}{L}}$.

(c) $T = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{L}}$.

(b) $T = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$.

(d) $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$.

Pour les questions 24 et 25, le point A est toujours confondu avec O mais on ne néglige plus les frottements. La force de frottement s'écrit $\vec{F}_f = -h \cdot \vec{v}$ où h est une constante positive.

24. La nouvelle équation différentielle vérifiée par θ est :

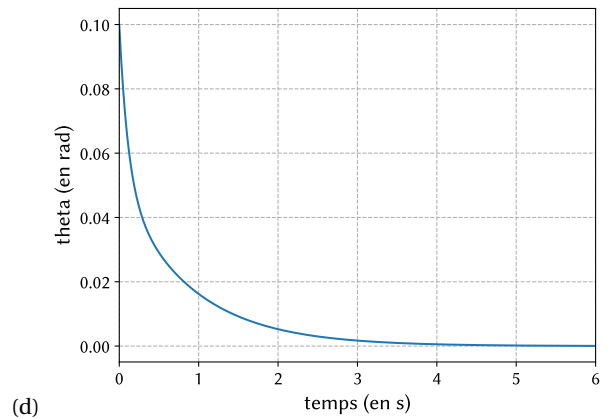
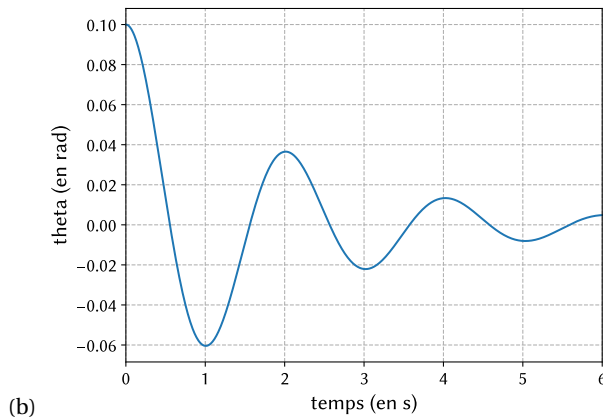
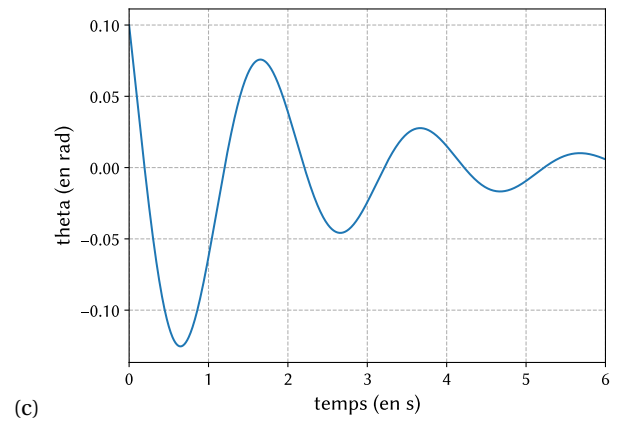
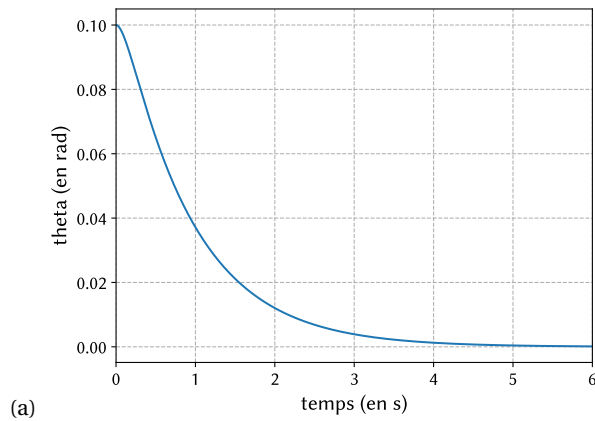
(a) $\frac{d^2\theta}{dt^2} - \frac{h}{m} \cdot \frac{d\theta}{dt} - \frac{g}{L} \cdot \sin(\theta) = 0$.

(c) $\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{h}{m} \cdot \frac{d\theta}{dt} + \frac{g}{L} \cdot \sin(\theta) = 0$.

(b) $\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{h}{m} \cdot \frac{d\theta}{dt} + \frac{g}{L} \cdot \cos(\theta) = 0$.

(d) $\frac{d^2\theta}{dt^2} - \frac{h}{m} \cdot \frac{d\theta}{dt} - \frac{g}{L} \cdot \sin(\theta) = 0$.

25. À $t = 0$, $\theta(t = 0) = 0,1$ rad et $(d\theta/dt)(t = 0) = 0$ rad $\cdot$ s $^{-1}$. Pour $h = 1$ kg $\cdot$ s $^{-1}$, la résolution numérique de l'équation de la Qu. 24 donne un des quatre chronogrammes suivants avec, en ordonnée, θ en radian et, en abscisse, t en seconde :



Pour les questions 26 à 28, le point A a un mouvement sinusoïdal autour de O :

$$\vec{OA} = a \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \vec{e}_y.$$

■ (7)

La force de frottement s'écrit $\vec{F}_f = -h \cdot \vec{v}'$ où h est une constante positive et $\vec{v}'$ est la vitesse de la masse m dans le référentiel $(\mathcal{R}')$ lié à A, en translation par rapport à $(\mathcal{R})$ ².

2. Dans l'énoncé original, on prend $\vec{F}_f = -h \cdot \vec{v}$ avec $\vec{v}$ la vitesse dans $(\mathcal{R})$, mais ce n'est pas cohérent avec ce qui suit. En outre, cette question ainsi que les deux suivantes sont hors-programme pour les élèves de la filière PSI.

26. La nouvelle équation différentielle vérifiée par θ est :

$$(a) \quad \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{h}{m} \cdot \frac{d\theta}{dt} + \frac{g}{L} \cdot \sin(\theta) = -\frac{a \cdot \omega^2}{L} \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \cos(\theta).$$

$$(b) \quad \frac{d^2\theta}{dt^2} - \frac{h}{m} \cdot \frac{d\theta}{dt} - \frac{g}{L} \cdot \sin(\theta) = -\frac{a \cdot \omega^2}{L} \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \cos(\theta).$$

$$(c) \quad \frac{d^2\theta}{dt^2} - \frac{h}{m} \cdot \frac{d\theta}{dt} - \frac{g}{L} \cdot \cos(\theta) = \frac{a \cdot \omega^2}{L} \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \cos(\theta).$$

$$(d) \quad \frac{d^2\theta}{dt^2} - \frac{h}{m} \cdot \frac{d\theta}{dt} - \frac{g}{L} \cdot \sin(\theta) = -\omega^2 \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \cos(\theta).$$

27. En régime établi, pour les petits mouvements autour de $\theta = 0^3$, $\theta(t)$ a pour expression $\theta(t) = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \phi)$. L'amplitude de A a pour expression :

$$(a) \quad A = \frac{\omega^2}{\sqrt{\left(\frac{g}{L} - \omega^2\right)^2 + \left(\frac{h \cdot \omega}{m}\right)^2}}.$$

$$(b) \quad A = \frac{\omega^2}{\sqrt{\left(\frac{g}{L} + \omega^2\right)^2 + \left(\frac{h \cdot \omega}{m}\right)^2}}.$$

$$(c) \quad A = \frac{\frac{a \cdot \omega^2}{L}}{\sqrt{\left(\frac{g}{L} + \omega^2\right)^2 + \left(\frac{h \cdot \omega}{m}\right)^2}}.$$

$$(d) \quad A = \frac{\frac{a \cdot \omega^2}{L}}{\sqrt{\left(\frac{g}{L} - \omega^2\right)^2 + \left(\frac{h \cdot \omega}{m}\right)^2}}.$$

28. On suppose $\omega < g/L^4$. La phase à l'origine, ϕ , a pour expression :

$$(a) \quad \phi = \pi - \arctan\left(\frac{\frac{h \cdot \omega}{m}}{\frac{g}{L} - \omega^2}\right).$$

$$(b) \quad \phi = \pi - \arctan\left(\frac{\frac{h \cdot \omega}{m}}{\frac{g}{L} + \omega^2}\right).$$

$$(c) \quad \phi = -\arctan\left(\frac{\frac{h \cdot \omega}{m}}{\frac{g}{L} - \omega^2}\right).$$

$$(d) \quad \phi = -\arctan\left(\frac{\frac{h \cdot \omega}{m}}{\frac{g}{L} + \omega^2}\right).$$

Quatrième partie.

Deux cylindres coaxiaux infinis de rayons R_1 et R_2 ($R_2 > R_1$) sont portés respectivement aux potentiels V_1 et V_2 . Un matériau localement neutre de conductivité électrique γ remplit l'espace entre ces deux cylindres.

On se place en régime stationnaire. En coordonnées cylindriques, un point M a pour coordonnées (r, θ, z) :

$$\overrightarrow{OM} = r \cdot \vec{e}_r + z \cdot \vec{e}_z.$$

■ (8)

$(\vec{e}_r, \vec{e}_\theta, \vec{e}_z)$ forme une base orthonormée directe.

29. Pour $R_1 < r < R_2$, le potentiel électrique, $V(M)$, en M s'écrit :

$$(a) \quad V(M) = \frac{V_2 - V_1}{R_2 - R_1} \cdot (r - R_1) + V_1.$$

$$(b) \quad V(M) = \frac{V_2 - V_1}{\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}} \cdot \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R_1}\right) + V_1.$$

$$(c) \quad V(M) = \frac{V_2 - V_1}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} \cdot \ln\left(\frac{r}{R_1}\right) + V_1.$$

$$(d) \quad V(M) = \frac{V_2 - V_1}{\frac{1}{R_2^2} - \frac{1}{R_1^2}} \cdot \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{R_1^2}\right) + V_1.$$

30. Pour $R_1 < r < R_2$, le potentiel électrique, $\vec{E}(M)$, en M s'écrit :

$$(a) \quad \vec{E}(M) = \frac{V_2 - V_1}{\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}} \cdot \frac{1}{r^2} \cdot \vec{e}_r.$$

$$(b) \quad \vec{E}(M) = \frac{V_1 - V_2}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} \cdot \frac{1}{r} \cdot \vec{e}_r.$$

$$(c) \quad \vec{E}(M) = \frac{V_1 - V_2}{R_2 - R_1} \cdot \vec{e}_r.$$

$$(d) \quad \vec{E}(M) = \frac{V_2 - V_1}{\frac{1}{R_2^2} - \frac{1}{R_1^2}} \cdot \frac{2}{r^3} \cdot \vec{e}_r.$$

3. Il est précisé « autour de l'équilibre $\theta = 0$ dans l'énoncé original, ce qui n'a pas de sens en régime sinusoïdal forcé.

4. Cette indication n'est pas fournie dans l'énoncé original

31. Les équipotentiellles sont :

- (a) des cercles. (c) des plans.
(b) des cylindres. (d) des droites.

32. Dans le système international d'unités, la conductivité électrique γ d'un matériau est :

- (a) $\Omega \cdot \text{m}^{-1}$. (c) $\Omega^{-1} \cdot \text{m}$.
(b) $\Omega \cdot \text{m}$. (d) $\Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$.

33. Pour une hauteur h du système, le courant électrique, I , allant du cylindre intérieur vers le cylindre extérieur s'écrit :

- (a) $I = 2 \cdot \pi \cdot \gamma \cdot h \cdot \frac{V_1 - V_2}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$. (c) $I = 4 \cdot \pi \cdot \gamma \cdot \frac{V_2 - V_1}{\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}}$.
(b) $I = 2 \cdot \pi \cdot \gamma \cdot R_1 \cdot h \cdot \frac{V_1 - V_2}{R_2 - R_1}$. (d) $I = \frac{4 \cdot \pi \cdot \gamma}{h} \cdot \frac{V_2 - V_1}{\frac{1}{R_2^2} - \frac{1}{R_1^2}}$.

34. La résistance électrique, R_e , d'une hauteur h du système a pour expression :

- (a) $R_e = \frac{\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}}{4 \cdot \pi \cdot \gamma}$. (c) $R_e = \frac{R_2 - R_1}{2 \cdot \pi \cdot \gamma \cdot R_1 \cdot h}$.
(b) $R_e = \frac{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot \gamma \cdot h}$. (d) $R_e = \frac{h}{4 \cdot \pi \cdot \gamma} \cdot \left(\frac{1}{R_2^2} - \frac{1}{R_1^2}\right)$.

35. La conduction électrique est analogue à la conduction thermique (ou diffusion thermique). Parmi les affirmations suivantes, indiquer celles qui sont vraies.

- (a) Le courant électrique est analogue à l'énergie thermique.
(b) La tension électrique est analogue à la température.
(c) Le potentiel électrique est analogue à la température.
(d) La conductivité électrique est analogue à la diffusivité thermique.

Cinquième partie.

36. Quel est l'ordre de grandeur de la capacité thermique massique de l'eau liquide?

- (a) $4 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. (c) $400 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.
(b) $40 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. (d) $4000 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.

37. Dans les conditions usuelles de température et de pression, quel est l'ordre de grandeur du volume molaire de l'air?

- (a) $0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. (c) $20 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$.
(b) $2 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$. (d) $200 \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$.

38. Quel est l'ordre de grandeur de l'efficacité réelle d'une machine frigorifique?

- (a) 0,3. (c) 4.
(b) 0,8. (d) 100.

39. Dans les conditions usuelles de température et de pression, quel est l'ordre de grandeur du libre parcours moyen dans l'air?

- (a) 10^{-9} m . (c) 10^{-5} m .
(b) 10^{-7} m . (d) 10^{-3} m .

40. Dans les conditions usuelles de température et de pression, quel est l'ordre de grandeur de la vitesse quadratique moyenne d'une molécule « d'air »⁵ ?

(a) $5 \cdot 10^1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

(b) $5 \cdot 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

(c) $5 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

(d) $5 \cdot 10^4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Fin de l'énoncé.

5. Il est juste demandé l'ordre de grandeur de la vitesse quadratique moyenne dans l'énoncé, sans plus de précision...