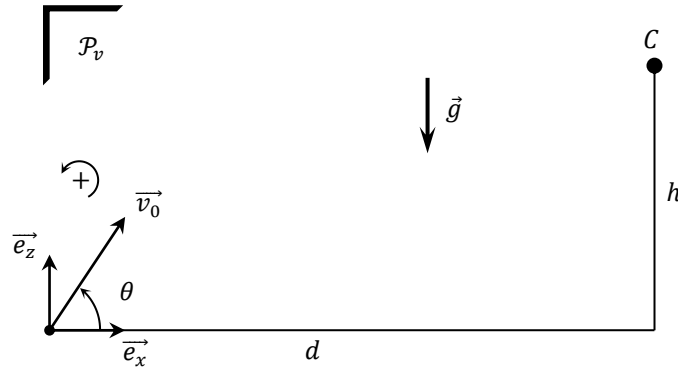


1. L'objet AB est placé à grande distance du péricope (suffisamment loin pour que d puisse être considéré infini). On note e_0 la valeur de e permettant à l'œil d'observer AB à travers $\mathcal{S}_p$ sans accommoder. Exprimer e_0 :
 A) $e_0 = f'_1 - f'_2$
 B) $e_0 = f'_1$
 C) $e_0 = f'_2$
 D) $e_0 = f'_1 + f'_2$
2. L'objet étant encore à l'infini, on règle $\mathcal{S}_p$ de telle sorte que $e = e_0 - \epsilon$ où $\epsilon > 0$ et $\epsilon \ll e_0$. Que peut-on affirmer ?
 A) L'image de AB par $\mathcal{S}_p$ est réelle.
 B) L'image de AB par $\mathcal{S}_p$ est virtuelle.
 C) L'œil peut observer une image nette à travers $\mathcal{S}_p$.
 D) L'œil ne peut pas observer d'image nette à travers $\mathcal{S}_p$.
3. L'objet est maintenant placé à distance finie. On note A_1B_1 l'image de AB par le système $\{\mathcal{M}_1, \mathcal{M}_2, \mathcal{L}_1\}$ et $p'_1 = \overline{O_1A_1}$. Exprimer p'_1 :
 A) $p'_1 = \frac{f'_1(a+b+d)}{a+b+d-f'_1}$
 B) $p'_1 = \frac{f'_1(a+b+d)}{a+b+d+f'_1}$
 C) $p'_1 = \frac{f'_1(a+b+e)}{a+b+d+f'_1}$
 D) $p'_1 = \frac{f'_1d}{d-f'_1}$
4. Quelle est alors la taille (grandeur algébrique) $\overline{A_1B_1}$ de cette image intermédiaire ?
 A) $\overline{A_1B_1} = \frac{f'_1}{f'_1+a+b+d} \overline{AB}$
 B) $\overline{A_1B_1} = \frac{f'_1}{f'_1+d} \overline{AB}$
 C) $\overline{A_1B_1} = \frac{f'_1}{f'_1-d} \overline{AB}$
 D) $\overline{A_1B_1} = \frac{f'_1}{f'_1-a-b-d} \overline{AB}$
5. L'image A_2B_2 de AB par $\mathcal{S}_p$ se forme en avant de $\mathcal{L}_2$, à une distance $\overline{A_2O_2} = d_m$ où $d_m = 25$ cm. On envisage que l'œil puisse désormais accommoder. En outre, $\overline{A_2B_2} = 1$ mm. On note $\theta > 0$ l'angle sous lequel l'image de AB par $\mathcal{S}_p$ est vue par l'observateur (on rappelle que l'œil est derrière et à proximité immédiate de $\mathcal{L}_2$). Que peut-on affirmer ?
 A) $\theta \approx 10^{-3}$ rad
 B) $\theta \approx 4 \times 10^{-3}$ rad
 C) L'image est ponctuelle pour l'œil.
 D) L'image est étendue pour l'œil.
6. De quelle distance $\Delta e > 0$ faut-il déplacer $\mathcal{L}_2$ depuis la position précédente pour retrouver le réglage initial $e = e_0$?
 A) $\Delta e = 1$ mm
 B) $\Delta e = 1,25$ cm
 C) $\Delta e = 5$ cm
 D) $\Delta e = 12,5$ cm

Partie 2 : Corpuscule dans le champ de pesanteur

Dans le référentiel galiléen du laboratoire supposé galiléen, un projectile A assimilé à un corpuscule (i.e. point matériel), est tiré à l'instant initial dans un plan vertical $\mathcal{P}_v$ depuis l'origine O d'un repère cartésien $(O, \vec{e}_x, \vec{e}_z)$, $\vec{e}_z$ donnant le sens de la verticale ascendante. Le vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$ de A , de norme $v_0 = \|\vec{v}_0\|$, forme un angle θ avec l'axe $O\vec{e}_x$ (Fig. ci-après). On désigne par $\vec{g} = -g \vec{e}_z$ le vecteur champ de pesanteur ($g \approx 10 \text{ m.s}^{-2}$) et on néglige tout frottement. On considère une cible C placée à la distance d et à une hauteur h , dans $\mathcal{P}_v$.

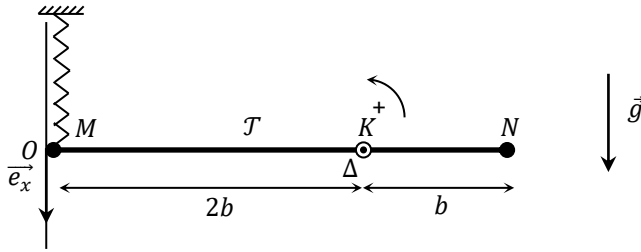


- Quelle condition doivent satisfaire v_0 et θ pour que l'altitude maximale, h_M , atteinte par A vérifie $h_M > h$?
 A) $gh = \sqrt{v_0^2}/2$ C) $v_0 \sin \theta > \sqrt{gh}$
 B) $v_0 \cos \theta > \sqrt{gh}$ D) $v_0 \sin \theta > \sqrt{2gh}$
- Quelle relation v_0 et θ doivent-ils satisfaire pour que la cible soit atteinte ?
 A) $-\frac{gd^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta} + d \tan \theta = h$ C) $\frac{gd^2}{v_0^2 \sin^2 \theta} + d \tan \theta = h$
 B) $\frac{gd^2}{2v_0^2 \cos^2 \theta} - d \tan \theta = h$ D) $\frac{gd^2}{2v_0^2 \sin^2 \theta} - d \tan \theta = h$
- On fixe v_0 (jusqu'à la fin de cet exercice), θ devenant alors le seul paramètre variable. La cible n'est atteinte que lorsque :

$$K_1 \tan^2 \theta - d \tan \theta + K_2 = 0$$
 où K_1 et K_2 sont des coefficients indépendants de θ . Exprimer K_1 .
 A) $K_1 = \frac{gd^2}{2v_0^2}$ B) $K_1 = \frac{gd^2}{v_0^2}$ C) $K_1 = \frac{2gd^2}{v_0^2}$ D) $K_1 = \frac{gd^2}{4v_0^2}$
- Exprimer K_2 .
 A) $K_2 = h + \frac{gd^2}{2v_0^2}$ B) $K_2 = h$ C) $K_2 = \frac{gd^2}{v_0^2}$ D) $K_2 = h - \frac{gd^2}{v_0^2}$
- La cible peut être atteinte si son altitude h ne dépasse pas une altitude limite $h_\ell(d, v_0)$. Exprimer $h_\ell(d, v_0)$:
 A) $h_\ell(d, v_0) = -\frac{gd^2}{2v_0^2}$ C) $h_\ell(d, v_0) = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gd^2}{2v_0^2}$
 B) $h_\ell(d, v_0) = \frac{v_0^2}{2g}$ D) $h_\ell(d, v_0) = \frac{gd^2}{2v_0^2} + \frac{v_0^2}{g}$
- La condition précédente étant respectée, combien de trajectoires contiennent la cible ?
 A) Une seule trajectoire.
 B) Deux trajectoires (ou une seule dans un cas limite).
 C) Trois trajectoires (ou deux dans un cas limite).
 D) Une infinité de trajectoires.

Partie 3 : Oscillations d'une tige rigide

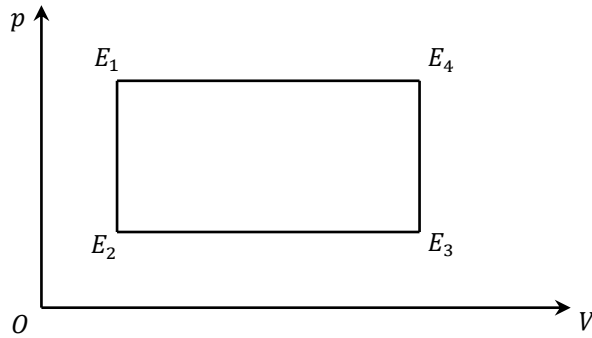
Une tige homogène $\mathcal{T}$, de masse m et de longueur $MN = 3b$, est initialement à l'équilibre avec une position horizontale dans le champ de pesanteur $\vec{g} = g \vec{e}_x$ où $g \approx 10 \text{ m.s}^{-2}$ et $\vec{e}_x$ est un vecteur unitaire dirigé dans le sens de la verticale descendante. On l'astreint à tourner autour d'un axe horizontal $(K\Delta)$ fixe dans le référentiel du laboratoire (supposé galiléen) et orthogonal à $\mathcal{T}$ et donc au plan de la figure (Fig. ci-après). L'axe de rotation, orienté positivement vers le lecteur, sépare la tige en deux parties de longueurs $MK = 2b$ et $KN = b$. Les frottements sont négligés. Le moment d'inertie de $\mathcal{T}$ par rapport à Δ vaut mb^2 . L'extrémité M (gauche) de la tige est fixée à un ressort vertical, de raideur K et de longueur à vide ℓ_0 . L'autre extrémité du ressort est solidaire d'un bâti, fixe dans le référentiel du laboratoire. La coordonnée x de M est repérée par l'axe $O\vec{e}_x$. Initialement, M coïncide avec l'origine O du repère, et donc $x(t = 0) = 0$.



13. Exprimer le moment $\mathcal{M}_\Delta(\vec{P})$ (scalaire) du poids de la tige par rapport à l'axe orienté $K\Delta$, à l'instant initial :
- A) $\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = \frac{mgb}{3}$ B) $\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = \frac{mgb}{2}$ C) $\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = mgb$ D) $\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = 2mgb$
14. Exprimer la force $\vec{F}$ qu'exerce le ressort en M à l'instant initial :
- A) $\vec{F} = -\frac{m\vec{g}}{4}$ B) $\vec{F} = -\frac{m\vec{g}}{6}$ C) $\vec{F} = \frac{m\vec{g}}{2}$ D) $\vec{F} = \frac{m\vec{g}}{4}$
15. Quelle est la longueur ℓ du ressort à l'instant initial ?
- A) $\ell = \ell_0 - \frac{mg}{4K}$ B) $\ell = \ell_0 + \frac{mg}{3K}$ C) $\ell = \ell_0 + \frac{mg}{4K}$ D) $\ell = \ell_0 + \frac{mg}{K}$
16. On étudie désormais le régime dynamique au voisinage de la position horizontale de $\mathcal{T}$ ($x \ll \ell_0$). Exprimer le moment scalaire $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F})$ de $\vec{F}$ par rapport à l'axe orienté $K\Delta$:
- A) $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = \frac{mgb}{2} - Kbx$ C) $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = -\frac{mgb}{2} - 2Kbx$
- B) $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = -\frac{mgb}{4} - 2Kbx$ D) $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = -\frac{mgb}{2} + 2Kbx$
17. L'équation différentielle d'évolution de l'abscisse $x(t)$ de M se met sous la forme suivante :
- $$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$$
- où ω_0 est une constante temporelle. Exprimer ω_0 :
- A) $\omega_0 = \sqrt{\frac{4K}{m}}$ B) $\omega_0 = \sqrt{\frac{2K}{m}}$ C) $\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{m}}$ D) $\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{2m}}$
18. Exprimer l'énergie cinétique $\mathcal{E}_k$ de $\mathcal{T}$, au voisinage de sa position horizontale :
- A) $\mathcal{E}_k = m\dot{x}^2$ B) $\mathcal{E}_k = \frac{m\dot{x}^2}{2}$ C) $\mathcal{E}_k = \frac{m\dot{x}^2}{4}$ D) $\mathcal{E}_k = \frac{m\dot{x}^2}{8}$

Partie 4 : Cycle thermodynamique rectangulaire

Un gaz, supposé parfait (n moles), suit le cycle de transformations réversibles (E_1, E_2, E_3, E_4) suivantes (Fig. ci – après) :



On désigne par p_k, V_k et T_k les pressions, volumes et températures des états E_k , où $k = 1, 2, 3$ ou 4. On note R la constante des gaz parfaits et $\gamma = C_{pm}/C_{vm}$, le rapport de la capacité thermique molaire à pression constante sur la capacité thermique molaire à volume constant. On note respectivement W_{ij} et Q_{ij} le travail et la chaleur (transfert thermique) algébriquement reçu par le gaz lors de la transformation menant de l'état E_i à l'état E_j . On désigne par W le travail algébriquement reçu par le gaz sur le cycle. Les températures T_1 et T_3 sont égales. On pose $\kappa = p_1/p_3$.

19. Exprimer T_2 et T_4 en fonctions de κ et T_1 :
- A) $T_2 = \kappa T_1$ B) $T_2 = \frac{T_1}{\kappa}$ C) $T_4 = \kappa T_1$ D) $T_4 = \frac{T_1}{\kappa}$
20. Exprimer W_{12} et Q_{12} :
- A) $W_{12} = 0$ C) $Q_{12} = \frac{n\gamma RT_1(\kappa-1)}{(\gamma-1)\kappa}$
- B) $W_{12} = -p_1 V_1$ D) $Q_{12} = \frac{nRT_1(1-\kappa)}{(\gamma-1)\kappa}$
21. Exprimer W_{23} :
- A) $W_{23} = 0$ C) $W_{23} = \frac{nRT_1(\kappa-1)}{\kappa}$
- B) $W_{23} = -\frac{nRT_1(\kappa-1)}{\kappa}$ D) $W_{23} = -\frac{nRT_1}{\kappa}$

22. Exprimer Q_{23} :

A) $Q_{23} = 0$

B) $Q_{23} = \frac{nR}{\gamma-1} \ln \kappa$

C) $Q_{23} = \frac{nRT_1\gamma}{\gamma-1} \left(\frac{\kappa-1}{\kappa} \right)$

D) $Q_{23} = \frac{nRT_1}{\gamma-1} \left(\frac{1-\kappa}{\kappa} \right)$

23. Que vaut W ?

A) $W = 0$

B) $W = nRT_1 \frac{(\kappa-1)}{\kappa}$

C) $W = nRT_1 \frac{(\kappa-1)^2}{\kappa}$

D) $W = nRT_1 \kappa^2$

24. Quels sont les signes de Q_{34} et de Q_{41} ?

A) $Q_{34} > 0$

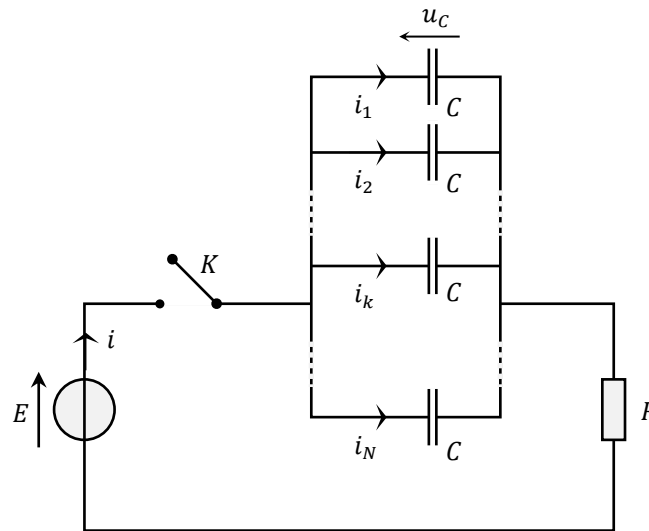
B) $Q_{34} < 0$

C) $Q_{41} > 0$

D) $Q_{41} < 0$

Partie 5 : Régime transitoire de N condensateurs

On associe, en dérivation, un ensemble de N condensateurs identiques de capacités C . Le dipôle obtenu est alors monté en série avec un résistor de résistance R , un générateur de tension continue de force électromotrice (tension) E , et un interrupteur K que l'on ferme à un instant pris comme origine temporelle ($t = 0$). On note i l'intensité du courant électrique débité par le générateur et i_k , k allant de 1 à N , l'intensité du courant électrique dans le k -ième condensateur (Fig. ci-après). On désigne u_c la tension aux bornes des condensateurs. Avant la fermeture de K ($t < 0$) : $u_c(t) = U_0$ où U_0 est la tension de charge des condensateurs.



25. Que vaut l'énergie totale $\mathcal{E}_0$ emmagasinée par les condensateurs, avant la fermeture de K ?

A) $\mathcal{E}_e = \frac{N}{2} C U_0^2$

B) $\mathcal{E}_e = \frac{1}{2} C U_0^2$

C) $\mathcal{E}_e = 0$

D) $\mathcal{E}_e = \frac{C U_0^2}{2N}$

26. Que peut-on affirmer lorsque $t > 0$?

A) $\frac{du_c}{dt} + \frac{u_c}{\tau} = \frac{E}{\tau}$ avec $\tau = \frac{RC}{N}$

C) $\frac{du_c}{dt} + \frac{u_c}{\tau} = \frac{E}{\tau}$ avec $\tau = NRC$

B) $\frac{du_c}{dt} + \frac{u_c}{\tau} = \frac{E}{\tau}$ avec $\tau = \frac{RC}{\sqrt{N}}$

D) $\frac{du_c}{dt} + \frac{u_c}{\tau} = 0$ avec $\tau = NRC$

27. Comment évolue $u_c(t)$ après la fermeture de K ?

A) $u_c(t) = E - E \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$

C) $u_c(t) = E + U_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$

B) $u_c(t) = (U_0 - E) \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$

D) $u_c(t) = E + (U_0 - E) \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$

28. Que peut-on affirmer lorsque $t > 0$?

A) $\frac{di_k}{dt} + \frac{i_k}{\tau'} = 0$ avec $\tau' = NRC$

C) $\frac{di_k}{dt} + \frac{i_k}{\tau'} = \frac{E}{R}$ avec $\tau' = RC$

B) $\frac{di_k}{dt} + \frac{i_k}{\tau'} = 0$ avec $\tau' = RC$

D) $\frac{di_k}{dt} + \frac{i_k}{\tau'} = \frac{E}{R}$ avec $\tau' = \frac{RC}{N}$

29. Quel est le courant $i(0^+)$ débité par le générateur en $t = 0^+$?

A) $i(0^+) = \frac{E}{R}$

B) $i(0^+) = \frac{U_0}{R}$

C) $i(0^+) = \frac{E-U_0}{R}$

D) $i(0^+) = \frac{U_0-E}{R}$

30. Comment évolue $i_k(t)$ après fermeture de K ?

A) $i_k(t) = \frac{E}{NR} \exp\left(-\frac{t}{\tau'}\right)$

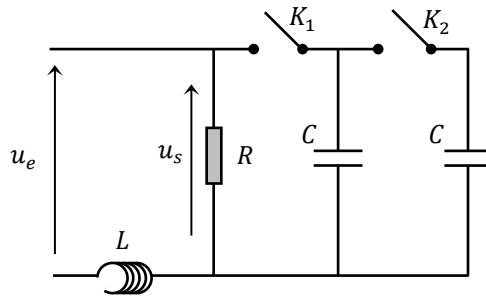
C) $i_k(t) = \frac{U_0}{NR} \exp\left(-\frac{t}{\tau'}\right)$

B) $i_k(t) = \frac{E-U_0}{NR} \exp\left(-\frac{t}{\tau'}\right)$

D) $i_k(t) = \frac{E-U_0}{R} \exp\left(-\frac{t}{\tau'}\right)$

Partie 6 : Filtre électrique modulable

Un filtre composé d'un résistor de résistance R , d'une bobine d'inductance L et de deux condensateurs identiques de capacités C , est alimenté par une tension d'entrée sinusoïdale $u_e(t)$, de pulsation ω , et d'amplitude complexe $\underline{u}_{e,m}$. On se place en régime sinusoïdal forcé établi (i.e. permanent) et on prélève la tension de sortie u_s aux bornes du résistor. On désigne par $\underline{u}_{s,m}$ l'amplitude complexe de la tension u_s . Deux interrupteurs K_1 et K_2 permettent de modifier la constitution du circuit (Fig. ci-après). On note $\mathcal{H} = \underline{u}_{s,m}/\underline{u}_{e,m}$ la fonction de transfert du filtre et j , l'unité imaginaire ($j^2 = -1$).



31. K_1 et K_2 étant ouverts, la fonction de transfert se met sous la forme :

$$\mathcal{H} = \frac{a + jbw}{1 + jw} \text{ avec } w = \frac{\omega}{\omega_0}$$

Où a , b et ω_0 sont des constantes indépendantes de ω . Que peut-on affirmer ?

- A) $a = 0, b = 1$ et $\omega_0 = \frac{R}{L}$ C) $a = 1, b = 0$ et $\omega_0 = \frac{R}{L}$
 B) $a = 0, b = 1$ et $\omega_0 = \frac{L}{R}$ D) $a = 1, b = 0$ et $\omega_0 = \frac{L}{R}$
32. K_1 est fermé et K_2 ouvert. En notant ω_1 et Q_1 deux constantes positives indépendantes de ω , et si $w_1 = \omega/\omega_1$, comment peut s'écrire la nouvelle expression $\mathcal{H}$ de la fonction de transfert ?

A) $\mathcal{H} = \frac{1}{1 + j\frac{w_1}{Q_1} - w_1^2}$ C) $\mathcal{H} = \frac{-w_1^2}{1 + j\frac{w_1}{Q_1} - w_1^2}$
 B) $\mathcal{H} = \frac{j\frac{w_1}{Q_1}}{1 + j\frac{w_1}{Q_1} - w_1^2}$ D) $\mathcal{H} = \frac{1 - w_1^2}{1 + j\frac{w_1}{Q_1} - w_1^2}$

33. Exprimer ω_1 :

A) $\omega_1 = \sqrt{LC}$ B) $\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ C) $\omega_1 = \frac{R}{L}$ D) $\omega_1 = \frac{1}{RC}$

34. Exprimer Q_1 :

A) $Q_1 = R\sqrt{\frac{L}{C}}$ B) $Q_1 = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$ C) $Q_1 = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{C}{L}}$ D) $Q_1 = R\sqrt{\frac{C}{L}}$

35. K_1 et K_2 sont tous les deux fermés. Si Q_2 et ω_2 sont deux constantes indépendantes de ω , et si $w_2 = \omega/\omega_2$, que devient $\mathcal{H}$?

A) $\mathcal{H} = \frac{1}{1 + j\frac{w_2}{Q_2} - w_2^2}$ C) $\mathcal{H} = \frac{-w_2^2}{1 + j\frac{w_2}{Q_2} - w_2^2}$
 B) $\mathcal{H} = \frac{j\frac{w_2}{Q_2}}{1 + j\frac{w_2}{Q_2} - w_2^2}$ D) $\mathcal{H} = \frac{1 - w_2^2}{1 + j\frac{w_2}{Q_2} - w_2^2}$

36. Exprimer Q_2 :

A) $Q_2 = \frac{Q_1}{\sqrt{2}}$ B) $Q_2 = Q_1$ C) $Q_2 = \sqrt{2}Q_1$ D) $Q_2 = 2Q_1$