Demi-finale (FR)

03.02.2026

Consignes :

- Indiquer votre nom complet et Lycée sur chaque feuille.
- Indiquer clairement la sous-/question à laquelle vous répondez.
- Commencer une nouvelle question sur une nouvelle feuille.
- Expliquer les étapes de votre raisonnement et indiquer vos calculs intermédiaires.
- Numéroter les pages.

Recueil d’équations

Cinématique (MRUV)

$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + x_0$

$v = at + v_0$

$v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$

Forces

$F = ma$

$F_f \leq \mu N$

Travail, Énergie et Puissance

$W = Fd\cos\theta$

$E_{cin} = \frac{1}{2}mv^2$

$E_{pes} = mgh$

$E_{el} = \frac{1}{2}kx^2$

$P = \frac{W}{t} = Fv$

Quantité de mouvement

$p = mv$

$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$

Calorimétrie

$Q = mc\Delta\theta$

$Q = mL$

Gaz idéal

$p = \frac{F}{A}$

$pV = nRT = Nk_BT$

$E_K = \frac{3}{2}k_BT$

Oscillations et ondes

$T = \frac{1}{f}$

$c = f\lambda$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

Électricité

$I = \frac{Q}{t}$

$F = k \cdot \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$

$U = \frac{W}{q}$

$E = \frac{F}{q}$

$U = RI$

$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$

$R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$

$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$

$\rho = \frac{RA}{L}$

Électro-magnétisme

$F = qvB\sin\theta$

$F = BIL\sin\theta$

Mouvement circulaire

$v = \omega r$

$a = \frac{v^2}{r}$

Gravitation

$F = G\frac{mM}{r^2}$

$g = \frac{F}{m}$

Physique quantique

$E = hf$

$\lambda = \frac{hc}{E}$

Optique

$n_1 \sin\alpha_1 = n_2 \sin\alpha_2$

$\frac{1}{q} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f}$

Question 1 : Mécanique (20 points)

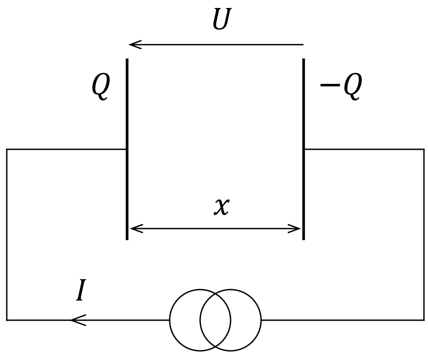
Une fusée de feu d'artifice est lancée verticalement vers le haut et explose à une hauteur y_0, au sommet de sa trajectoire. Elle projette des fragments enflammés dans toutes les directions (c'est-à-dire les fragments ont des angles initiaux α_0 différents, α_0 étant l'angle entre le vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$ et la direction horizontale), mais tous avec la même vitesse v_0. Les particules de métal solidifiées retombent au sol sans résistance de l'air.

1) Donner l'équation horaire de la hauteur $y(t)$ d'un fragment en fonction de y_0, α_0 et v_0. **(2)**
2) Établir l'expression du temps t_I au bout duquel un fragment atteint le sol en fonction de y_0, α_0 et v_0. **(5)**
3) Établir les expressions des composantes de la vitesse $v_{x,I}$ et $v_{y,I}$ à l'impact en fonction de y_0, α_0 et v_0. **(7)**
4) Établir l'expression de l'angle α_I que la vitesse finale d'un fragment fait avec l'horizontale au moment de l'impact sur le sol en fonction de y_0, α_0 et v_0. **(3)**
5) Pour quel angle initial α_0 l'angle α_I est-il minimal ? En d´eduire l'expression du plus petit angle d'impact α_I possible. **(3)**

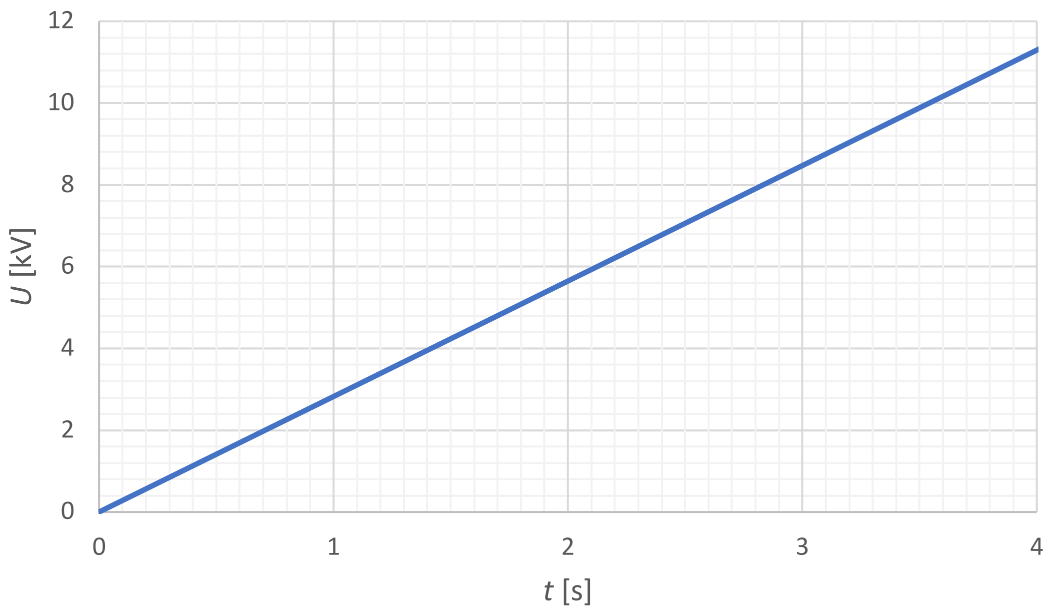
Question 2 : Condensateur (20 points)

Considérons un condensateur constitué de deux plaques planes et parallèles de surface $S = 0{,}16\ \mathrm{m}^2$, distantes de x, qui portent des charges électriques opposées Q et $-Q$. L'espace entre les plaques est vide.

1) Le condensateur, initialement déchargé, est chargé à l'aide d'un générateur de haute tension qui délivre un courant électrique d'intensité constante $I = 4\ \mu\mathrm{A}$ sous une tension variable.



Le graphique ci-dessous montre la variation de la tension U aux bornes du condensateur en fonction du temps t.



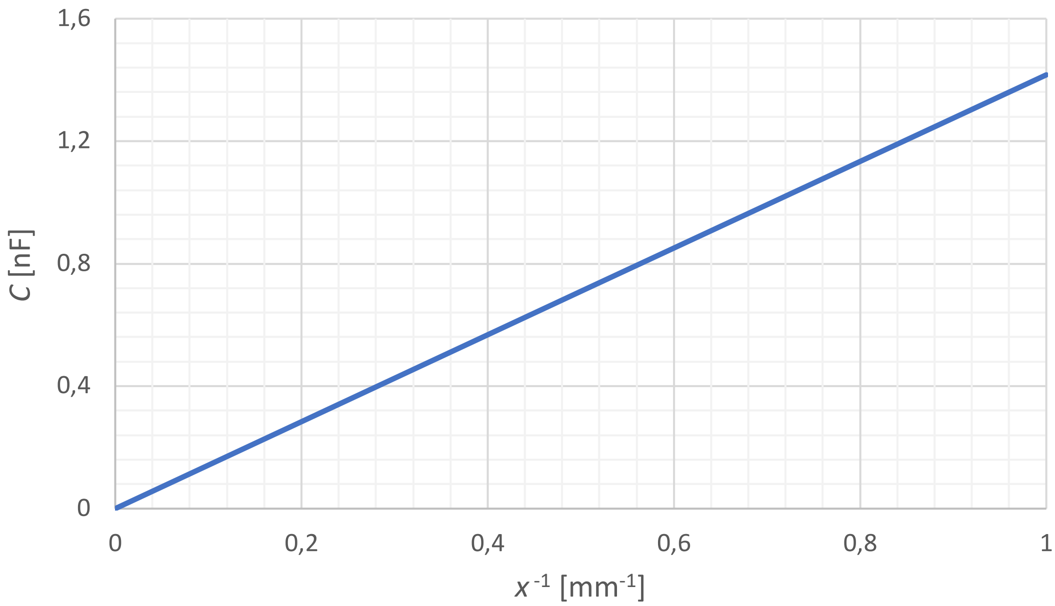
a) Montrer que la charge Q du condensateur est proportionnelle à la tension U. **(2)**

b) Le coefficient de proportionnalité est la *capacité* C du condensateur, définie par :

$$Q = CU$$

L'unité SI de la capacité est le *farad* (F). Utiliser le graphique pour déterminer la capacité du condensateur. **(3)**

2) Le graphique ci-dessous montre la variation de la capacité C du condensateur en fonction de l'inverse de la distance x entre les plaques.



Sachant que, pour x donné, la capacité du condensateur est proportionnelle à S, montrer qu'elle peut s'écrire :

$$C = \epsilon_0 \frac{S}{x}$$

Utiliser le graphique pour déterminer le coefficient de proportionnalité ϵ_0, qui est une constante fondamentale appelée la *permittivité du vide*. **(5)**

3) Établir l'expression de l'énergie potentielle électrique E_{p} du condensateur chargé en choisissant $E_{\mathrm{p}} = 0$ pour un condensateur non chargé. Montrer qu'elle peut s'écrire : **(5)**

$$E_{\mathrm{p}} = \frac{Q^2}{2C}$$

4) Le condensateur est débranché et isolé de sorte que la charge Q reste constante. Utiliser les résultats des points 2b) et 3) pour montrer que les deux plaques s'attirent avec la force par unité de surface :

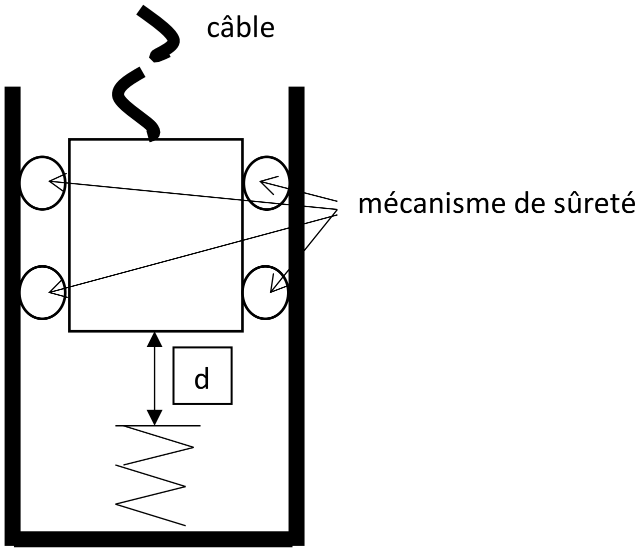
$$\frac{F}{S} = \frac{\sigma^2}{2\epsilon_0}$$

où $\sigma = \frac{Q}{S}$ est la charge du condensateur par unité de surface.

Indication : Utiliser $\Delta E_{\mathrm{p}} = -W(\vec{F})$ lors d'une variation de x. **(5)**

Question 3 : Ascenseur (20 points)

Le câble d'un ascenseur de masse m se brise au moment où ce dernier se trouve arrêté au rez-de-chaussée. La base de l'ascenseur est alors à une distance d au-dessus d'un ressort dont la constante de raideur est k. Un mécanisme de sûreté se déclenche créant une force de frottement F.



1) Indiquer toutes les forces agissant sur l'ascenseur dans les différentes phases du mouvement et faire pour chaque phase une figure annotée avec les grandeurs utiles. **(6)**

2) Calculer la distance de compression maximale Δx du ressort en appliquant littéralement le principe de conservation de l'énergie. **(8)**

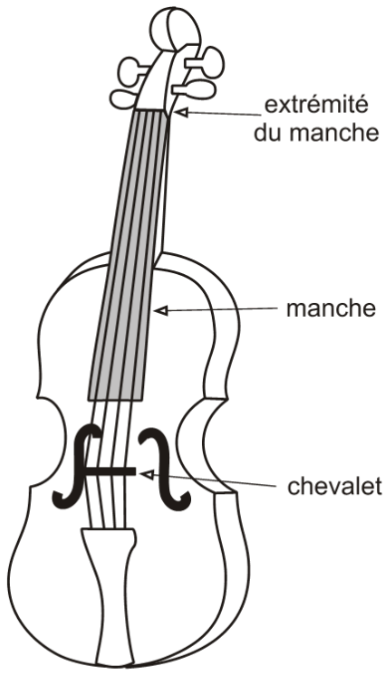
   Application numérique :

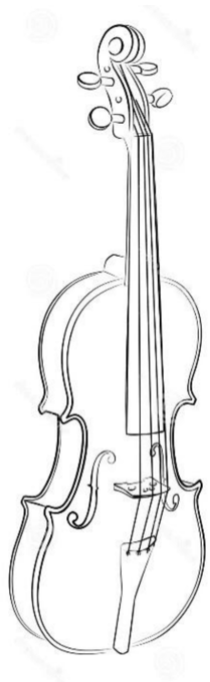
   m = 2,00 ·10^3 kg $\quad$ d = 4,00 m $\quad$ k = 1,40 · 10^5 Nm^{-1} $\quad$ F = 5,00 · 10^3 N

3) A quelle hauteur h rebondira l'ascenseur ? **(6)**

Question 4 : Ondes stationnaires dans une corde de violon (20 points)

Lorsqu'un violoniste frotte une corde à l'aide de son archet, celle-ci vibre dans son état fondamental. Afin de la faire vibrer dans un état avec plusieurs fuseaux il utilise la technique *des harmoniques en flageolet* : il pose doucement son doigt à l'emplacement de la corde où il veut créer un nœud de vibration sans pour autant presser la corde contre le manche. De cette façon il crée des ondes stationnaires sur toute la longueur de la corde (du chevalet jusqu'à l'extrémité du manche). Si, par contre, il presse la corde fortement contre le manche, il raccourcit tout simplement la longueur vibrante de la corde.





(manche/Hals/neck ; chevalet/Steg/bridge; extrémité/Ende/end)

1) La corde jouée vibre dans son état fondamental.
   a) Décrivez le mouvement des points de l'une des cordes lorsqu'elle vibre dans son état fondamental. Ajoutez un croquis de la corde à un instant où les points de la corde ont une élongation maximale/minimale. **(3)**
   b) Le rapport des fréquences fondamentales d'une corde et de sa corde voisine de sonorité plus aiguë est de 2/3. Comment expliquez-vous que ces fréquences sont tellement différentes ? (Admettez que les tensions des 4 cordes sont sensiblement pareilles.) **(3)**
   c) Expliquez pourquoi le son devient plus aigu lorsque la corde est raccourcie. **(3)**

2) Le violoniste produit des harmoniques en flageolet sur la corde « la » de fréquence fondamentale 440 Hz.

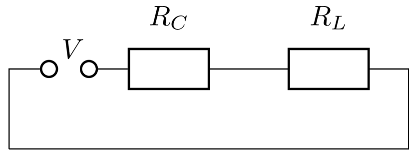
   a) Le violoniste place son doigt de sorte que la corde vibre avec 3 fuseaux. Représentez un croquis de la corde à un instant où les points de la corde ont une élongation maximale/minimale. Quelle est la fréquence de vibration de la corde ? **(4)**

   b) Où doit-il placer le doigt pour que la corde vibre avec 2 fuseaux, 3 fuseaux, 4 fuseaux ? **(3)**

   c) Pour jouer le son très aigu de fréquence 3080 Hz il existe plusieurs possibilités pour placer le doigt. Donnez-en au moins deux. **(4)**

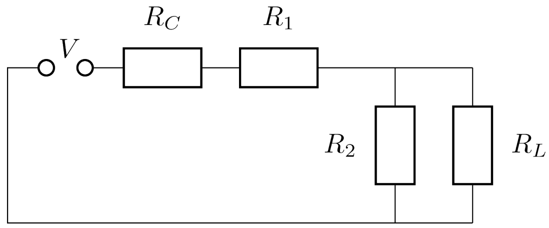
Question 5 : Adaptation d'impédance (20 points)

Nous considérons une source de tension V, connectée à une charge de résistance R_L par un câble de résistance R_C.



1) Calculez la résistance totale R_{tot} du circuit et la puissance $P_L = R_L I^2$ fournie à la charge. **(4)**
2) Supposons que R_C est fixe mais que R_L peut varier. Montrez que P_L devient maximal pour $R_L = R_C$ et calculez P_L dans ce cas. **(6)**

Pour $R_L = R_C$, le circuit est dit « à impédance adaptée » et la puissance délivrée à la charge est maximale. Mais comme nous ne pouvons pas modifier R_C, cette condition ne peut être remplie pour des charges de résistances arbitraires R_L. Pour maximiser la puissance délivrée pour d'autres charges, on peut ajouter des résistances supplémentaires R_1 et R_2, comme le montre la figure :



3) Calculez la résistance totale $R_{\text{tot},2}$ du nouveau circuit et la nouvelle résistance de charge effective R_L'. **(4)**
4) Montrez que le circuit est adapté en impédance si l'on choisit $R_2 = R_L\sqrt{1 - R_L/R_C}$ et $R_1 = R_C\sqrt{1 - R_L/R_C}$. **(6)**