

EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES GÉNÉRALES
Sessions 2023 – QUESTIONNAIRE ÉCRIT

Date :	19.09.23	Durée :	08:15 - 10:45	Numéro candidat :	
Discipline :	Physique	Section(s) :	GSN		

Répartition des points : T : Théorie

A : Exercice

P : Travaux pratiques

1. Choc par l'arrière

(13 Points)

La voiture 1, d'une masse de 1,6 t, traverse une localité lorsque soudain une balle roule devant elle sur la chaussée et qu'elle doit freiner. La voiture 2, d'une masse de 800 kg, arrive trop vite par l'arrière et un carambolage se produit. La voiture 2, qui roule à $54 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, heurte la voiture 1, qui roule maintenant à $18 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ après avoir freiné, et la pousse par l'arrière. Lors du contact, les pare-chocs et des parties de la carrosserie des deux voitures sont endommagés, ce qui entraîne une perte d'énergie cinétique équivalente à 20 % de l'énergie cinétique de la voiture 2 avant le contact. Les deux voitures se déplacent sur la même ligne droite pendant tout le processus.

1.1. De quel type de choc s'agit-il dans cet accident? Justifiez votre réponse.
(T: 2 P)

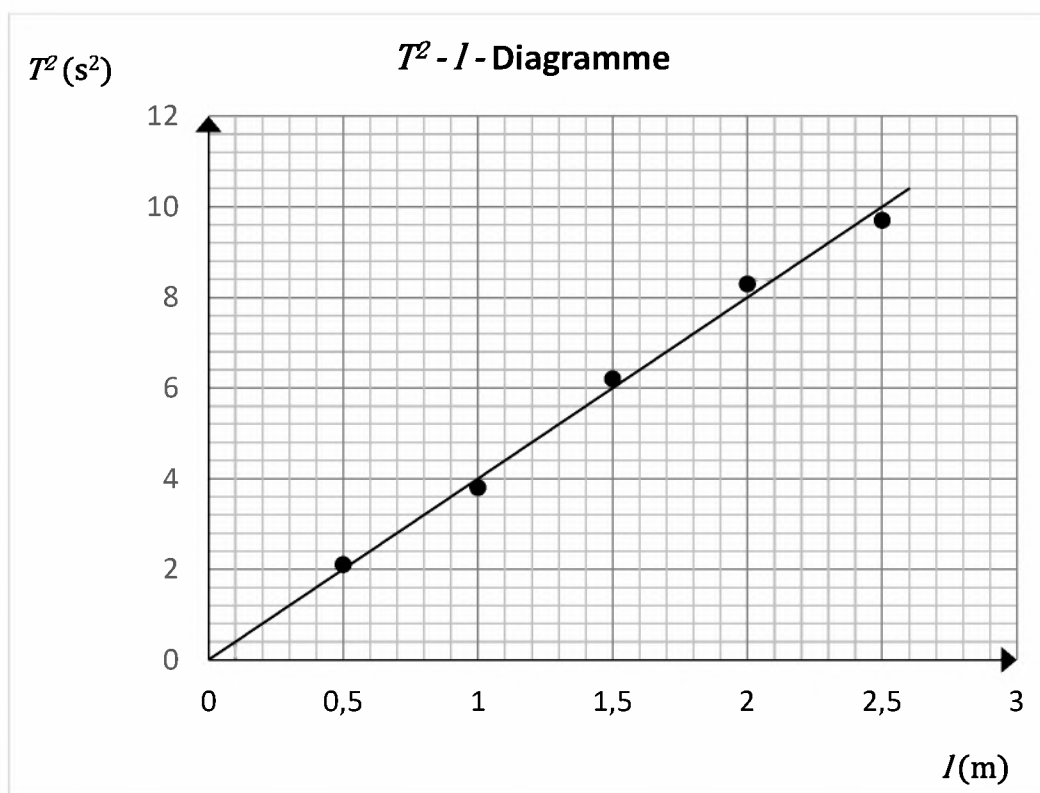
1.2. Montrez que la relation suivante s'applique entre les vitesses des deux voitures après le choc:
(A: 3P)

$$v'_1 = 12,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0,5 \cdot v'_2$$

1.3. Partez du principe général de conservation de l'énergie et déterminez les vitesses des deux chariots après le contact. (Remarque : pour résoudre l'équation du second degré, utilisez la fonction correspondante de la calculatrice) (A: 8 P)

2. Travaux pratiques: Pendule simple**(9 Points)**

- 2.1.** Dans une première expérience, l'accélération de la chute g doit être déterminée. Pour ce faire, les élèves fixent un long fil au plafond, y accrochent une bille métallique et déterminent la période T du pendule à fil pour différentes longueurs de fil l . Lors de l'évaluation de leurs valeurs de mesure, ils réalisent le diagramme:

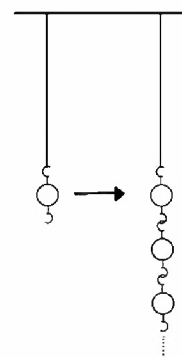


- 2.1.1** Déterminez la valeur de l'accélération de la pesanteur g dans la salle de classe à l'aide du diagramme et donnez toutes les explications nécessaires. (P: 4P)
- 2.1.2** Déterminez l'écart relatif par rapport à la valeur de l'intensité de pesanteur connue. (P: 2P)

- 2.2.** Dans une deuxième expérience, les élèves doivent imaginer un montage approprié pour étudier si la masse du pendule accroché a une influence sur la durée de la période du pendule à fil. Pour ce faire, un groupe d'élèves choisit des boules métalliques munies de crochets qu'ils peuvent accrocher entre elles au fil (voir figure).

Ils obtiennent les valeurs de mesure suivantes et en concluent que la durée de la période du pendule à fil augmente avec la masse du pendule.

m (g)	60,0	120,0	180,0	240,0	300,0
T (s)	2,48	2,50	2,53	2,55	2,56



Les valeurs mesurées par le groupe d'élèves répondent-elles à leurs attentes ? Justifiez votre réponse et évaluez le dispositif expérimental du groupe d'élèves. (A: 3P)

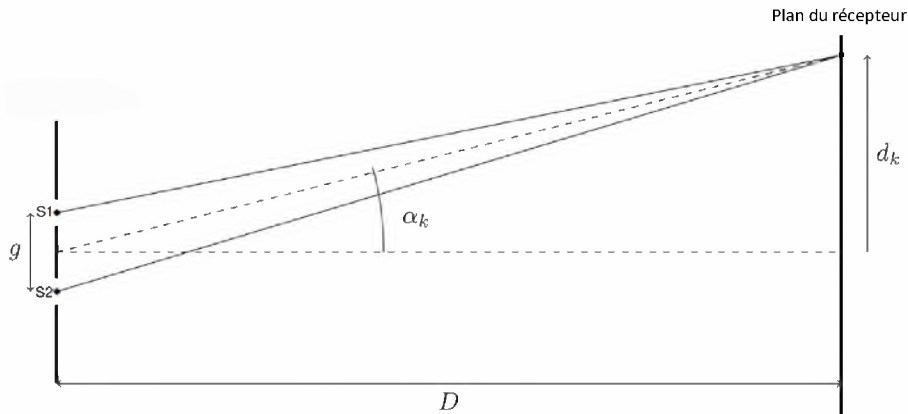
3. Accélération d'un pendule élastique**(10 Points)**

Un corps est accroché à un ressort et est d'abord dévié de 4 cm dans le sens négatif. Ce corps est ensuite relâché de manière qu'il puisse osciller librement. Après 2 secondes, le corps a retrouvé sa position initiale pour la première fois.

- 3.1.** Tracez le diagramme d'élongation en fonction du temps pour l'oscillation de ce pendule à ressort sur deux périodes. (A: 3P)
- 3.2.** Sur votre diagramme d'élongation en fonction du temps, marquez avec la lettre A un moment pour lequel l'accélération du corps du pendule atteint sa valeur positive maximale et calculez cette valeur. (A: 3P)
- 3.3.** Dans votre diagramme d'élongation en fonction du temps, marquez avec la lettre B un moment où l'accélération du pendule atteint sa valeur négative la plus basse. (A:1P)
- 3.4.** Tracez l'accélération a du pendule en fonction de son élongation y dans un diagramme d'accélération-élongation. (A: 3P)

4. Interférence des micro-ondes**(12 Points)**

Deux émetteurs de micro-ondes en phase S_1 et S_2 d'une fréquence de 30 GHz, tels qu'ils sont utilisés dans le réseau de téléphonie mobile 5G, sont placés à une faible distance $g = 4 \text{ cm}$ l'un de l'autre (voir figure). L'intensité du rayonnement micro-ondes entrant est alors mesurée à une grande distance $D = 400 \text{ m}$ des émetteurs. Comme la distance D est beaucoup plus grande que la distance g , on peut assimiler le comportement d'interférence des deux micro-ondes dans le plan du récepteur au comportement d'interférence sur un écran derrière une double fente.



- 4.1.** Déduisez l'expression suivante pour calculer les positions des maxima d'intensité sur le plan du récepteur et joignez à votre réponse toutes les explications, dessins et approximations nécessaires:

$$d_k = \frac{k \cdot \lambda \cdot D}{g} \text{ avec } k \in \mathbb{N} \quad (\text{T: 6P})$$

- 4.2.** Faites un croquis de la figure de diffraction obtenue. Déterminez les positions des 3 premiers maxima d'intensité et annotez ainsi votre figure de diffraction. (A: 4P)
- 4.3.** Lors du passage du réseau mobile 4G au réseau 5G, la fréquence a été multipliée par 15. La puissance $P_{\text{Récepteur}}$ transmise au récepteur à cette occasion est liée à la longueur d'onde de la manière suivante, tous les autres paramètres restant inchangés: $P_{\text{Récepteur}} \sim \lambda^2$.

Expliquez si la puissance $P_{\text{Récepteur}}$ transmise au récepteur augmente ou diminue lors du passage de la 4G à la 5G et déterminez par quel facteur. (A: 2P)

5. Effet photoélectrique**(5 Points)**

Dans une série d'expériences, une cellule photoélectrique est éclairée successivement par une lumière LED de différentes couleurs et la tension photoélectrique qui en résulte entre l'anode et la cathode est mesurée. Pour cela, une tension de retard est appliquée de l'extérieur et augmentée jusqu'à ce que le photocourant s'arrête. Cette tension de retard U_s correspond alors également à la valeur de la tension photoélectrique. Si l'on réalise l'expérience par exemple avec une LED bleue de longueur d'onde 465 nm, on mesure une tension photoélectrique de 1 V.

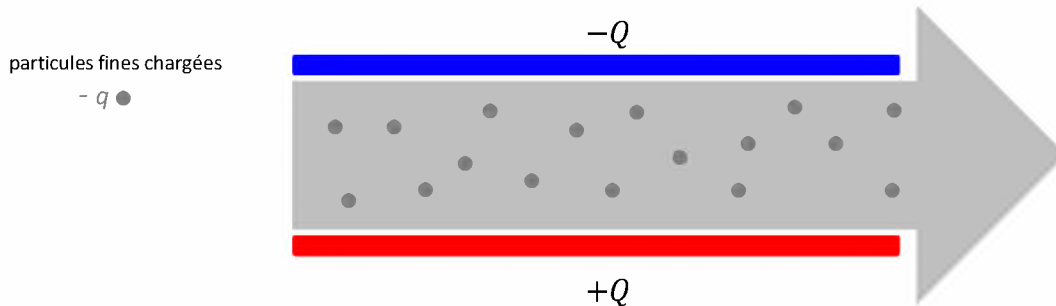
5.1. Expliquez pourquoi il y a une tension photoélectrique entre l'anode et la cathode. (T: 1P)

5.2. Expliquez comment la tension de retard changera si une LED verte d'une longueur d'onde de 560 nm est utilisée à la place de la LED bleue, l'effet photoélectrique se produisant toujours. Justifiez vos affirmations. (T: 2P)

5.3. Expliquez comment la tension de retard se comportera si les deux LED éclairent la cellule photoélectrique en même temps. (A: 2P)

6. Filtre à poussière fine**(11 Points)**

Les gaz d'échappement d'une installation de combustion sont débarrassés d'une partie des particules de poussière fine qu'ils transportent grâce à un électrofiltre. Pour simplifier, on peut considérer ce filtre comme un condensateur plan à travers lequel les gaz d'échappement s'écoulent uniformément et où les particules de poussière fine ont déjà été chargées négativement avant leur entrée (voir figure).



- 6.1.** Déduisez la relation suivante entre l'intensité de champ électrique E , la tension U appliquée entre les plaques du condensateur et la distance entre les armatures d . (T: 4P)

$$E = \frac{U}{d}$$

- 6.2.** Déterminez la masse de particules fines éliminées des gaz d'échappement chaque seconde si l'on mesure un courant de 1,2 mA entre les plaques du condensateur et si chaque particule de particules fines ($m = 7,7 \cdot 10^{-15}$ kg) porte une charge de $q = -3,7 \cdot 10^{-15}$ C. (A: 2P)
- 6.3.** Déterminez la force électrostatique qui agit entre les plaques du condensateur sur une particule de poussière fine lorsqu'une tension de 25 kV est appliquée au condensateur et qu'il y a une distance de 25 cm entre les plaques. (A: 2P)
- 6.4.** Pour améliorer le flux des gaz d'échappement, on souhaite doubler la distance entre les plaques du condensateur. Expliquez l'effet de cette modification sur la masse de particules fines filtrées. Comment pourrait-on néanmoins maintenir cette masse constante ? Justifiez votre réponse. (A: 3P)

Constantes physiques

Constante	Symbole	Valeur	Unité SI
nombre d'Avogadro	N_A	$6,022 \cdot 10^{23}$	mol^{-1}
charge élémentaire	e	$1,602 \cdot 10^{-19}$	C
vitesse de la lumière	c	$2,998 \cdot 10^8$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
constante de Planck	h	$6,626 \cdot 10^{-34}$	J · s
permittivité du vide	ϵ_0	$8,854 \cdot 10^{-12}$	$\text{C} \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$
masse au repos de l'électron	m_e	$9,109 \cdot 10^{-31}$	kg
masse au repos du proton	m_p	$1,673 \cdot 10^{-27}$	kg
masse au repos neutron	m_n	$1,675 \cdot 10^{-27}$	kg
masse au repos d'une particule α	m_α	$6,645 \cdot 10^{-27}$	kg

Conversion d'unités en dehors du système SI

unité de masse atomique	1 u	$1,6605 \cdot 10^{-27}$	kg
électron-volt	1 eV	$1,602 \cdot 10^{-19}$	J
année	1 a	365,25	d (jours)

Recueil de formules

Mécanique

$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$	$\Sigma \vec{p} = \Sigma \vec{p}'$	$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$
$\Delta E_{\text{mec}} = -\frac{1}{2} \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} (v_{1x} - v_{2x})^2$		
$v'_{1x} = \frac{m_1 \cdot v_{1x} + m_2 \cdot (2v_{2x} - v_{1x})}{m_1 + m_2}$	$v'_{2x} = \frac{m_2 \cdot v_{2x} + m_1 \cdot (2v_{1x} - v_{2x})}{m_1 + m_2}$	

Oscillations

$T = \frac{t}{n}$	$f = \frac{1}{T}$	$\omega = 2\pi \cdot f$
$F_{r,y} = -k \cdot y(t)$	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$	$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
$y(t) = y_{\text{max}} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)$	$v_y(t) = \omega \cdot y_{\text{max}} \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$	$a_y(t) = -\omega^2 \cdot y_{\text{max}} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)$
$E_{\text{pot}}(t) = \frac{1}{2} k \cdot y_{\text{max}}^2 \cdot \sin^2(\omega \cdot t + \varphi_0)$	$E_{\text{cin}}(t) = \frac{1}{2} k \cdot y_{\text{max}}^2 \cdot \cos^2(\omega \cdot t + \varphi_0)$	$E_{\text{tot}} = \frac{1}{2} k \cdot y_{\text{max}}^2$
$y(t) = 2y_{\text{max}} \cdot \cos\left[2\pi \cdot \left(\frac{f_1 - f_2}{2}\right) \cdot t\right] \cdot \sin\left[2\pi \cdot \left(\frac{f_1 + f_2}{2}\right) \cdot t\right]$	$f_b = f_1 - f_2 $	$f = \frac{f_1 + f_2}{2}$

Ondes

$v_{ph} = \lambda \cdot f$	$v_{ph} = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$	$\mu = \frac{m}{l}$
$y(x, t) = y_{\text{max}} \cdot \sin\left[2\pi \cdot \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) + \varphi_0\right]$	$f_n = \frac{n+1}{2l} \cdot v_{ph}$	$f_n = \frac{2n+1}{4l} \cdot v_{ph}$
$\Delta s = k \cdot \lambda$	$\Delta \varphi = k \cdot 2\pi$	$\Delta s = (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{2}$
$d_k = \frac{k \cdot \lambda \cdot D}{g}$	$d_k = \frac{k \cdot \lambda}{2 \cdot n}$	$d_k = \frac{(2k+1) \cdot \lambda}{4 \cdot n}$

Electricité

$\vec{F}_{\text{el},1 \text{ sur } 2} = -\vec{F}_{\text{el},2 \text{ sur } 1} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \vec{u}_{1,2}$	$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{\text{el}}}{q}$	$E = \frac{U}{d}$
$C = \frac{Q}{U}$	$C = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d}$	$E_{\text{pot,el}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$
$C_{\text{eq}} = C_1 + C_2$	$\frac{1}{C_{\text{eq}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$	$\tau = R \cdot C$
$I(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$	$U_C(t) = U_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$	$Q(t) = Q_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$
$I(t) = -I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$	$U_C(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$	$Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

Mécanique quantique

$E = h \cdot f$	$E = W_s + E_{\text{cin}}$	$h = \frac{e(U_{s1} - U_{s2})}{f_1 - f_2}$
-----------------	----------------------------	--

Recueil de formules: Trigonométrie

$\sin^2 x + \cos^2 x = 1$	$\tan x = \frac{\sin x}{\cos x}$	
$\cos^2 x = \frac{1}{1 + \tan^2 x}$	$\sin^2 x = \frac{\tan^2 x}{1 + \tan^2 x}$	$1 + \tan^2 x = \frac{1}{\cos^2 x}$
$\sin(-x) = -\sin(x)$	$\sin(\pi - x) = \sin(x)$	$\sin(\pi + x) = -\sin(x)$
$\cos(-x) = \cos(x)$	$\cos(\pi - x) = -\cos(x)$	$\cos(\pi + x) = -\cos(x)$
$\tan(-x) = -\tan(x)$	$\tan(\pi - x) = -\tan(x)$	$\tan(\pi + x) = \tan(x)$
$\sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cos(x)$		$\sin\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = \cos(x)$
$\cos\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \sin(x)$		$\cos\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\sin(x)$
$\tan\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cot(x)$		$\tan\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\cot(x)$
$\sin(x + y) = \sin x \cos y + \cos x \sin y$	$\tan(x + y) = \frac{\tan x + \tan y}{1 - \tan x \tan y}$	
$\sin(x - y) = \sin x \cos y - \cos x \sin y$		
$\cos(x + y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$	$\tan(x - y) = \frac{\tan x - \tan y}{1 + \tan x \tan y}$	
$\cos(x - y) = \cos x \cos y + \sin x \sin y$		
$\sin 2x = 2 \sin x \cos x$	$2 \cos^2 x = 1 + \cos 2x$	
$\cos 2x = \cos^2 x - \sin^2 x$	$2 \sin^2 x = 1 - \cos 2x$	
$\sin 2x = \frac{2 \tan x}{1 + \tan^2 x}$	$\cos 2x = \frac{1 - \tan^2 x}{1 + \tan^2 x}$	$\tan 2x = \frac{2 \tan x}{1 - \tan^2 x}$
$\sin 3x = 3 \sin x - 4 \sin^3 x$	$\cos 3x = -3 \cos x + 4 \cos^3 x$	
$\sin x + \sin y = 2 \sin\left(\frac{x+y}{2}\right) \cos\left(\frac{x-y}{2}\right)$	$\tan x + \tan y = \frac{\sin(x+y)}{\cos x \cos y}$	
$\sin x - \sin y = 2 \sin\left(\frac{x-y}{2}\right) \cos\left(\frac{x+y}{2}\right)$	$\tan x - \tan y = \frac{\sin(x-y)}{\cos x \cos y}$	
$\cos x + \cos y = 2 \cos\left(\frac{x+y}{2}\right) \cos\left(\frac{x-y}{2}\right)$		
$\cos x - \cos y = -2 \sin\left(\frac{x+y}{2}\right) \sin\left(\frac{x-y}{2}\right)$		
$\sin x \cos y = \frac{1}{2} [\sin(x+y) + \sin(x-y)]$		
$\cos x \cos y = \frac{1}{2} [\cos(x+y) + \cos(x-y)]$		
$\sin x \sin y = \frac{1}{2} [\cos(x-y) - \cos(x+y)]$		