وزارة التربية والتعليم العالي
المديرية العامّة للتربية
دائرة الامتحانات الرسميّة

امتحانات الشهادة الثانوية العامة
فرع العلوم العامّة

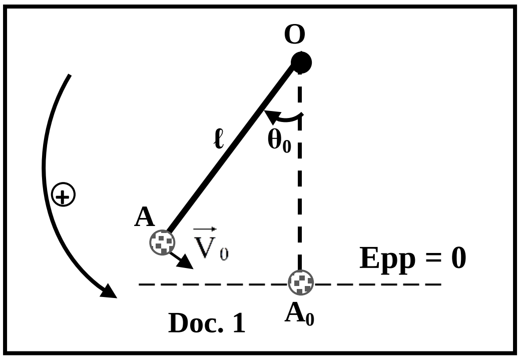
دورة العام 2021 العاديّة
الاربعاء 28 تموز 2021

مسابقة في مادة الفيزياء	الاسم:
المدة: ساعتان ونصف	الرقم:

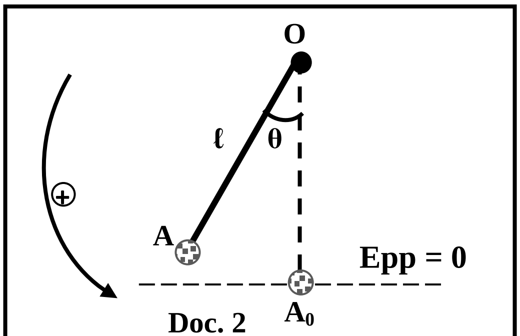
Cette épreuve est formée de quatre exercices obligatoires répartis sur quatre pages.
L'usage d'une calculatrice non programmable est autorisé.

Exercice 1 (5 pts) — Pendule simple

Un pendule simple est constitué d'une particule de masse m = 50g, fixée à l'extrémité inférieure A d'un fil inextensible OA, de longueur ℓ et de masse négligeable.
Ce pendule peut osciller dans un plan vertical, autour d'un axe horizontal (Δ) passant par l'extrémité supérieure O du fil.
On écarte le pendule dans le sens négatif de sa position d'équilibre.
À un instant $t_0 = 0$, l'abscisse angulaire du pendule est $\theta_0 = -\dfrac{\pi}{36}$ rd, et on lance la particule dans le sens positif, avec une vitesse $\vec{V}_0$ de valeur V_0 (Doc. 1).
À un instant t, l'abscisse angulaire du pendule est θ et la valeur de la vitesse de la particule est $v = \ell\,|\theta'| = \ell \left|\dfrac{d\theta}{dt}\right|$ (Doc. 2).



Doc. 1



Doc. 2

Prendre:
- le plan horizontal contenant A_0, position d'équilibre de A, comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $g = 10\ m/s^2$.

1) On suppose que le pendule oscille sans frottement.
L'équation différentielle du second ordre en θ qui régit le mouvement du pendule est : $\theta'' + 20\,\theta = 0$ (S.I.).

1.1) Le mouvement du pendule est harmonique simple. Justifier.

1.2) Calculer la valeur de la période propre T_0 du pendule.

1.3) Sachant que la période propre du pendule est $T_0 = 2\pi\sqrt{\dfrac{\ell}{g}}$, montrer que ℓ = 50 cm.

1.4) L'énergie mécanique du système (pendule, Terre) à un instant t est E_m.

1.4.1) Montrer que l'expression de E_m est $E_m = \dfrac{1}{2}mv^2 + mg\ell(1 - \cos\theta)$.

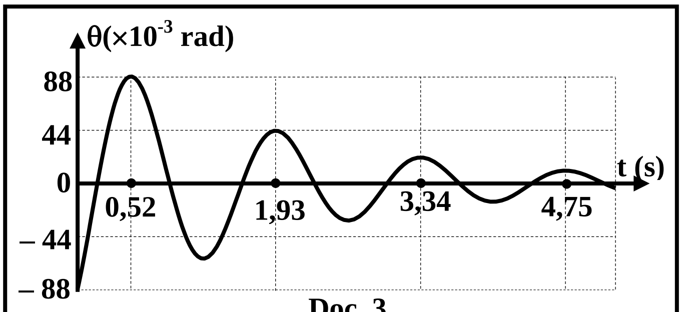
1.4.2) Déduire la valeur de V_0, sachant que l'énergie mécanique du système (pendule, Terre) à $t_0 = 0$ vaut $E_{m0} = 1{,}95 \times 10^{-3}$ J.

2) En réalité, le pendule est soumis à une force de frottement. On répète l'expérience précédente, un système approprié montre l'évolution de l'élongation θ du pendule en fonction du temps (Doc. 3).
En utilisant le document 3:

2.1) indiquer le type des oscillations ;

2.2) calculer l'énergie mécanique du système (pendule, Terre) à t = 0,52 s.

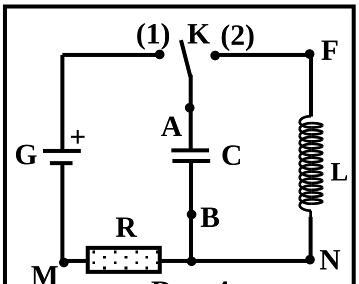
2.3) déduire la puissance moyenne perdue par le système (pendule, Terre) entre $t_0 = 0$ et t = 0,52 s.



Doc. 3

Exercice 2 (5 pts) Caractéristiques des dipôles électriques

Le but de cet exercice est de déterminer la capacité C d'un condensateur et l'inductance L d'une bobine. Dans ce but on réalise le circuit du document 4, formé de :

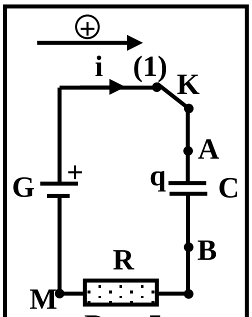


Doc. 4

- un générateur idéal G de force électromotrice (f.é.m) E = 2 V;
- un conducteur ohmique de résistance R = 1 kΩ ;
- un condensateur de capacité C ;
- une bobine d'inductance L et de résistance négligeable ;
- un commutateur K.

1) Circuit (R, C) série

Le condensateur est initialement neutre. À l'instant $t_0 = 0$, on place K à la position (1). À un instant t, l'armature A du condensateur, porte une charge q et l'intensité du courant traversant le circuit est i (Doc. 5).



Doc. 5

1.1) Nommer le phénomène physique qui aura lieu dans le circuit.

1.2) Montrer que l'équation différentielle qui décrit la variation de la tension $u_{AB} = u_C$ aux bornes du condensateur est : $\tau \frac{du_C}{dt} + u_C = E$, où $\tau = RC$ est la constante de temps du circuit.

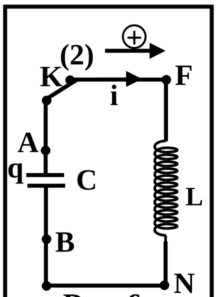
1.3) $u_C = 2(1 - e^{-1000t})$ (u_C en V et t en s) est une solution de cette équation différentielle. Déterminer la valeur de τ.

1.4) Déduire la valeur de C.

2) Circuit (L, C)

Le condensateur est complètement chargé. À un instant $t_0 = 0$, pris comme nouvelle origine de temps, on permute K à la position (2).

À un instant t, l'armature A du condensateur, porte une charge q et l'intensité du courant traversant le circuit est i (Doc. 6).



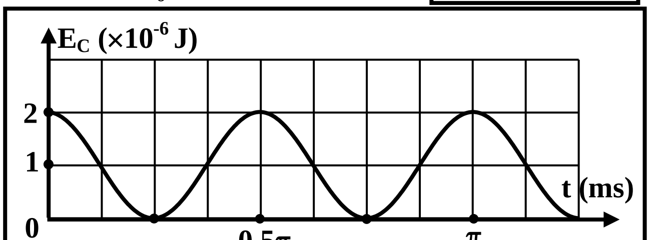
Doc. 6

2.1) Établir l'équation différentielle qui décrit la variation de la charge q.

2.2) Déduire que l'expression de la période propre T_0 du circuit est $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$.

2.3) La courbe du document 7 représente l'évolution de l'énergie électrique E_C emmagasinée dans le condensateur en fonction du temps. Déterminer la valeur de T_0, sachant que $T_0 = 2\,T_E$, avec T_E la période de l'énergie électrique.

2.4) Déduire la valeur de L.



Doc. 7

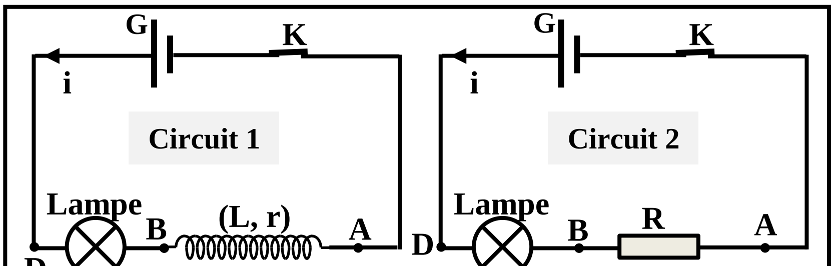
Exercice 3 (5 pts) Auto-induction

On dispose d'une bobine d'inductance L et de résistance r, d'un conducteur ohmique de résistance R = 8 Ω, d'un interrupteur K, d'une lampe à incandescence et d'un générateur idéal (G) de force électromotrice E = 10 V.

Le but de cet exercice est d'étudier l'effet de la bobine sur la luminosité d'une lampe dans un circuit série soumis à une tension constante et de déterminer ses caractéristiques.

1) Luminosité de la lampe

On réalise successivement le circuit 1 et le circuit 2 du document 8. Les phrases 1 et 2 ci-dessous, décrivent la luminosité de la lampe après la fermeture de K.



Doc. 8

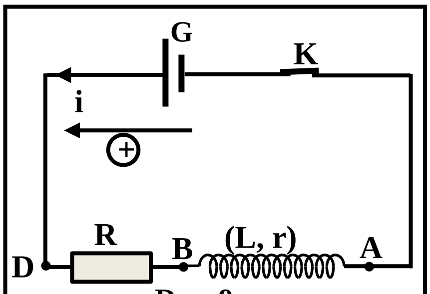
<u>**Phrase 1**</u>: La lampe s'allume instantanément juste à la fermeture de l'interrupteur.

<u>**Phrase 2**</u>: Après la fermeture de l'interrupteur, la luminosité de la lampe augmente progressivement et devient stable après un certain temps.

Faire correspondre chacune des phrases 1 et 2 au circuit convenable.

2) Détermination de L et r

On branche la bobine et le conducteur ohmique en série avec (G) comme le montre le document 9. À l'instant $t_0 = 0$, on ferme K. À un instant t, le circuit est parcouru par un courant d'intensité i.



Doc. 9

2.1) Montrer, en appliquant la loi d'additivité des tensions, que l'équation différentielle qui décrit la variation de la tension $u_{DB} = u_R$ est : $\frac{L}{R}\frac{du_R}{dt} + \left(\frac{R+r}{R}\right)u_R = E$.

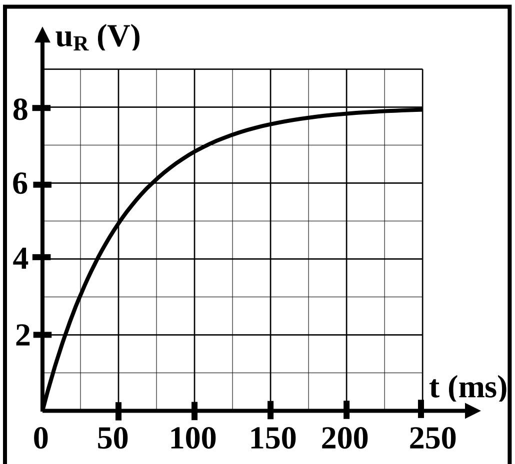
2.2) Déduire que l'expression de la tension aux bornes du conducteur ohmique, en régime permanent, est :

$U_{R\,max} = E\,\frac{R}{R+r}$.

2.3) La solution de cette équation différentielle est

$u_R = U_{R\,max}\,(1 - e^{\frac{-t}{\tau}})$ avec $\tau = \frac{L}{R+r}$.

Un système approprié trace l'évolution de u_R avec le temps (Doc. 10).



Doc. 10

2.3.1) En utilisant la courbe du document 10, indiquer la valeur de $U_{R\,max}$.

2.3.2) Déterminer la valeur de r.

2.3.3) En utilisant la courbe du document 10, déterminer la valeur de τ.

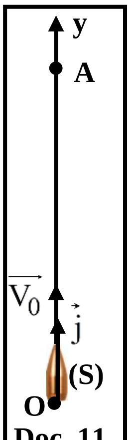
2.3.4) Déduire la valeur de L.

Exercice 4 (5 pts) Balles perdues

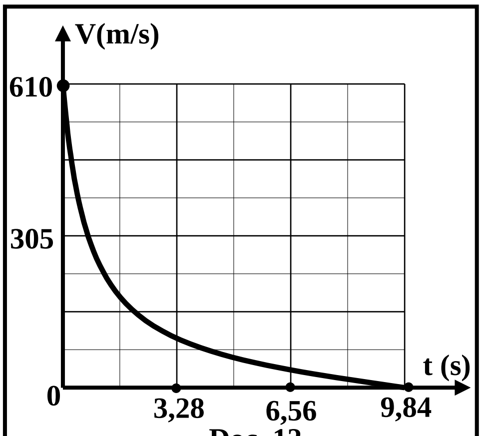
Le but de cet exercice est de déterminer l'énergie thermique produite durant le mouvement d'une balle tirée par une arme à feu et de montrer son danger.

Une balle (S), assimilée à une particule, de masse $m = 7 \times 10^{-3}$ kg, est tirée par une arme à feu, d'un point O situé au niveau du sol avec une vitesse initiale $\vec{V}_0 = V_0\,\vec{j}$. La balle est soumise à la résistance de l'air, durant tout son mouvement. Prendre :

- $g = 10\ m/s^2$;
- le plan horizontal contenant O comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.



Doc. 11



Doc. 12

1) Mouvement ascendant de la balle

A l'instant $t_0 = 0$, la balle (S) est tirée, à partir du point O, verticalement vers le haut. (S) se déplace le long d'un axe vertical y'y, d'origine O, orienté positivement vers le haut. À $t_1 = 9{,}84$s, (S) atteint sa hauteur maximale h au point A (Doc. 11). La courbe du document 12 représente l'évolution de la valeur de la vitesse V de (S) avec le temps, durant son mouvement ascendant de O vers A.

1.1) Déterminer, en utilisant le document 12, les quantités de mouvement $\vec{P}_0$ et $\vec{P}_1$ de (S) aux instants $t_0 = 0$ et $t_1 = 9{,}84$ s respectivement.

1.2) Déduire la variation de la quantité de mouvement $\Delta\vec{P}$ de (S) entre t_0 et t_1.

1.3) On donne $m\vec{g} + \vec{f} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$, avec $\Delta t = t_1 - t_0$ et $\vec{f}$ est la moyenne des forces de frottement agissant sur (S) durant Δt. Montrer que la valeur f de $\vec{f}$ est $f \cong 0{,}364$ N.

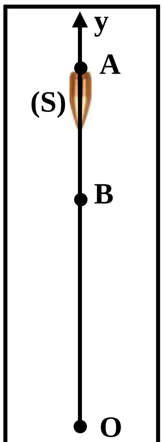
1.4) Calculer, à $t_0 = 0$, l'énergie mécanique Em_0 du système [(S), Terre].

1.5) On donne $\Delta Em = -f \times h$, avec ΔEm est la variation de l'énergie mécanique du système [(S), Terre] durant $\Delta t = t_1 - t_0$. Montrer que $h \cong 3000$ m.

1.6) Déduire la valeur de l'énergie thermique E_{th1} produite durant le mouvement ascendant de (S), sachant que $E_{th1} = |\Delta Em|$.

2) Mouvement descendant de la balle

On suppose que la trajectoire de (S) durant son mouvement descendant reste verticale.
(S) commence son mouvement descendant du point A, passe à travers un point B (AB = 352 m) et arrive au sol, au point O, avec une vitesse de valeur V = 44 m/s (Doc. 13). La valeur f_1 de la force de frottement $\vec{f}_1$ agissant sur (S), durant son mouvement entre B et O est $f_1 = 0{,}07$ N.



Doc. 13

2.1) Déterminer la valeur de l'énergie thermique E_{th2} produite durant le mouvement descendant de (S) entre B et O, sachant que $E_{th2} = \left|W_{\vec{f}_1}\right|$.

2.2) Calculer l'énergie thermique produite durant le mouvement descendant de (S) de A vers O, sachant que l'énergie thermique produite durant le mouvement descendant de (S) de A vers B vaut 18 J.

3) Danger de la balle perdue

Une balle peut transpercer la peau d'une personne, si sa vitesse dépasse 61 m/s.
Une balle (S'), identique à (S), est tirée vers le haut avec un angle faible par rapport à la verticale (environ 15^o), elle décrit une trajectoire curviligne et atteint le sol avec une vitesse de 90 m/s.
Préciser laquelle des deux balles (S) ou (S') est-elle la plus dangereuse, si elle frappe quelqu'un lorsqu'elle atteint le sol.

وزارة التربية والتعليم العالي
المديرية العامّة للتربية
دائرة الامتحانات الرسميّة

امتحانات الشهادة الثانوية العامة
فرع العلوم العامّة

دورة العام ٢٠٢١ العاديّة

مسابقة في مادة الفيزياء	الاسم:
المدة: ساعتان ونصف	الرقم:

Exercice 1 (5 pts) **Pendule simple**

Partie			Réponse	Note
1	1-1		Car l'équation différentielle est de la forme $\theta'' + \omega_0^2\theta = 0$	0,25
	1-2		$\omega_0 = \sqrt{20}$ rad/s $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{\sqrt{20}}$, donc $T_0 = 1{,}405$ s	0,75
	1-3		$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$, alors $1{,}405 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{10}}$, donc $1{,}974 = 4\pi^2 \frac{\ell}{10}$, alors $\ell = 0{,}5$ m	0,5
	1.4	1	$E_m = Ec + Epp$ Mais, $E_{pp} = m\,g\,z = m\,g\,(\ell - \ell\cos\theta) = m\,g\,\ell\,(1 - \cos\theta)$ (Figure) $E_C = \frac{1}{2} I\,\theta'^2$, mais $I = m\,\ell^2$ et $v = \ell\,\theta'$ Donc, $E_m = \frac{1}{2} m\,v^2 + mg\ell\,(1 - \cos\theta)$	1
		2	$E_{mo} = \frac{1}{2} m\,V_0^2 + mg\,\ell(1 - \cos\theta_0)$ $1{,}95 \times 10^{-3} = 0{,}05 \times 10 \times 0{,}5\,[1 - \cos(\frac{-\pi}{36})] + \frac{1}{2} \times 0{,}05\,v_0^2$, alors $V_0 = 0{,}2$ m/s	0,75
2	2-1		Oscillations mécaniques libres amorties	0,25
	2-2		$E_{m\,(0,52)} = 0 + mg\ell(1 - \cos\theta_{(0,52)}) = 0{,}05 \times 10 \times 0{,}5\,[1 - \cos(88 \times 10^{-3})]$ Donc, $E_{m\,(0,52)} = 9{,}67 \times 10^{-4}$ J	0,5
	2-3		$P_{perdue} = \frac{(E_m)_{perdue}}{\Delta t} = \frac{1\ 95 \times 10^{-3} - 9\ 67 \times 10^{-4}}{0\ 52}$ $P_{perdue} = \frac{9\ 83 \times 10^{-4}}{0\ 52} = 1{,}89 \times 10^{-3}$ W	0,5 0,5

Exercice 2 (5 pts) Caractéristiques d'un dipôle électrique

Partie		Réponse	Note
1	1.1	Charge d'un condensateur	0,25
	1.2	Le sens positive est dirigé vers l'armature de charge q, alors $i = +\frac{dq}{dt} = c\frac{du_C}{dt}$ $u_{AM} = u_{AB} + u_{BM}$, alors $E = u_C + R\,i = u_C + RC\frac{du_C}{dt}$ mais $\tau = RC$ Par suite $\tau\frac{du_C}{dt} + u_C = E$	0,75
	1.3	$u_C = 2\,(1 - e^{-1000t})$, donc $\frac{du_C}{dt} = 2 \times 1000\ e^{-1000t}$ On remplace u_C et $\frac{du_C}{dt}$ dans l'équation différentielle : $E = 2 + (-2 + 2000\,\tau)\,e^{-1000\,t}$, mais $e^{-1000\,t} = 0$ est inacceptable Donc, $-2 + 2000\,\tau = 0$, alors $\tau = 10^{-3}$ s = 1 ms	1
	1.4	$\tau = RC$, donc $C = \frac{\tau}{R} = \frac{10^{-3}}{1000}$, alors $C = 10^{-6}$ F = 1 μF	0,5
2	2.1	$u_{AB} = u_{AF} + u_{FN} + u_{NB}$, alors $\frac{q}{C} = 0 + L\frac{di}{dt} + 0$ $i = -\frac{dq}{dt} = -q'$, donc $i' = -\frac{d^2q}{dt^2} = -q''$ $\frac{q}{C} = -L\,q''$, alors $\mathbf{q'' + \frac{1}{LC}q = 0}$	1
	2.2	L'équation différentielle est de la forme : $\mathbf{q'' + \omega_0^2\ q = 0}$ Par suite $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$, alors $T_o = 2\pi\sqrt{LC}$	0,5
	2.3	Graphiquement, $T_E = 0{,}5\,\pi$ ms , donc $T_0 = 2T_E = 2 \times 0{,}5\,\pi$, alors $T_o = \pi$ ms	0,5
	2.4	$T_0^2 = 4\,\pi^2\,L\,C$, alors $(\pi \times 10^{-3})^2 = 4\,\pi^2\,L\,(10^{-6})$, alors $L = 0{,}25$ H	0,5

Exercice 3 (5 pts) Auto induction

<table>
<tr><th colspan="3">Partie</th><th>Réponse</th><th>Note</th></tr>
<tr><td colspan="3">1</td><td>Phrase 1 correspond au circuit 2

Phrase 2 correspond au circuit 1</td><td>0,25

0,25</td></tr>
<tr><td rowspan="6">2</td><td colspan="2">2.1</td><td>$u_{DA} = u_{DB} + u_{BA}$
$E = u_R + ri + L\frac{di}{dt}$
$u_{BD} = u_R = R\,i$, alors $i = \frac{u_R}{R}$, donc $\frac{di}{dt} = \frac{1}{R}\frac{du_R}{dt}$
Donc, $E = u_R + r\frac{u_R}{R} + \frac{L}{R}\frac{du_R}{dt}$
Donc, $\frac{L}{R}\frac{du_R}{dt} + \left(\frac{R+r}{R}\right)u_R = E$</td><td>1,25</td></tr>
<tr><td colspan="2">2.2</td><td>En régime permanent i = I = cte , alors $\frac{du_R}{dt} = 0$ et i est maximale, donc $u_R = U_{Rmax}$
En remplacant dans l'équation différentielle on aura :
$0 + \left(\frac{R+r}{R}\right)U_{R\,max} = E$, alors $U_{Rmax} = E\frac{R}{R+r}$</td><td>1</td></tr>
<tr><td rowspan="4">2.3</td><td>1</td><td>$U_{R\,max} = 8$ V</td><td>0,25</td></tr>
<tr><td>2</td><td>$U_{R\,max} = E\frac{R}{R+r}$, alors $8 = 10\frac{8}{8+r}$, donc $r = 2\ \Omega$</td><td>0,75</td></tr>
<tr><td>3</td><td>À $t = \tau$; $u_R = 63\ \%\ U_0 = 0{,}63 \times 8 = 5{,}04$ V
ce qui correspond à $t = \tau = 50$ ms</td><td>0,25
0,5</td></tr>
<tr><td>4</td><td>$\tau = \frac{L}{R+r}$, alors $L = \tau\,(R + r) = 0{,}05 \times (8 + 2)$, donc $L = 0{,}5$ H</td><td>0,5</td></tr>
</table>

Exercice 4 (5 pts) **Balles perdues**

parties	Réponse	Note

1	**1.1**	$\vec{P}_o = m\vec{V}_o = 7 \times 10^{-3} \times 610\,\vec{j}$, donc $\vec{P}_o = 4{,}27\vec{j}$ (kgm/s) $\vec{P}_1 = m\vec{V}_1 = \vec{0}$, car $\vec{V}_1 = \vec{0}$	**0,5** **0,25**
	1.2	$\Delta\vec{P} = \vec{P}_1 - \vec{P}_o = \vec{0} - 4{,}27\vec{j}$, donc $\Delta\vec{P} = -4{,}27\vec{j}$ (kgm/s)	**0,5**
	1.3	$m\vec{g} + \vec{f} = \frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t}$ Par projection suivant y'y on aura : $-mg - f = \frac{\Delta P}{\Delta t}$, donc $-7 \times 10^{-3} \times 10 - f = \frac{-4\ 27}{9\ 84}$, par suite $f \cong 0{,}364$ N	**0,75**
	1.4	$E_{mo} = Ec_o + Epp_o = \frac{1}{2}\,m\,V_o^2 + m\,g\,h_o = \frac{1}{2} \times (7 \times 10^{-3}) \times 610^2 + 0$ Donc , $E_{mo} = 1302{,}35$ J	**0,5**
	1.5	$Em_1 = Ec_1 + Epp_1 = \frac{1}{2}mV_1^2 + mgh = 0 + 7 \times 10^{-3} \times 10\,h = 0{,}07\,h$ $\Delta E_m = W_{\vec{f}}$, donc $E_{m1} - E_{m0} = -f \times h$ $0{,}07\,h - 1302{,}35 = -0{,}364\,h$; par suite, $h \cong 3000$ m	**0,75**
	1.6	$\Delta E_m = W_{\vec{f}} = -f\,h = -0{,}364 \times 3000 = -1092$ J $E_{th1} = \lvert\Delta Em\rvert = 1092$ J	**0,25**
2	**2.1**	$E_{th2} = \left\lvert W_{\vec{f_1}} \right\rvert$ et $W_{\vec{f}} = -f_1 \times BO$ BO = AO – AB = 3000 – 352 = 2648 m $W_{\vec{f}} = -0{,}07 \times 2648 = -185{,}36$ J $\cong -185$ J , donc $W_{th2} = 185$ J	**0,75**
	2.2	$W_{th} = 18 + 185 = 203$ J	**0,25**
3		Pour S : $V_{sol} = 44$ m/s < 61 m/s Pour S' : $V_{sol} = 90$ m/s > 61 m/s Donc, S' est plus dangereuse que S	**0,5**