مسابقة في مادّة الفيزياء	الاسم:
المدّة: ساعتان ونصف	الرّقم:

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)

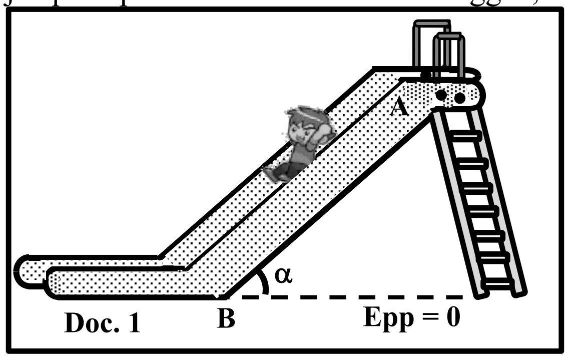
Mouvement sur un toboggan

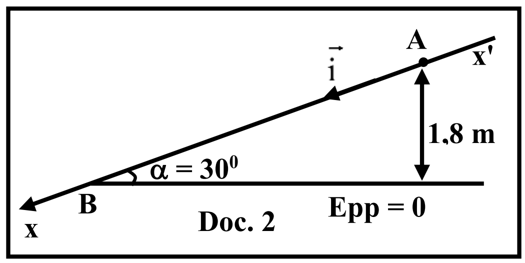
Dans un parc de jeu, un enfant joue sur un toboggan.

L'enfant, assimilé à une particule, a une masse M = 20 kg. Il grimpe jusqu'au point A au sommet du toboggan, puis il glisse sans vitesse initiale jusqu'au point B situé en bas du toboggan au niveau du sol (Doc. 1).

La partie AB du toboggan est rectiligne et inclinée d'un angle $\alpha = 30^o$ sur l'horizontale. Le sommet A du toboggan se trouve à une altitude h_A = 1,8 m du sol. Le point A est pris comme origine d'un axe x'x, passant par A et B, et de vecteur unitaire $\vec{i}$ (Doc. 2).

Le but de cet exercice est de déterminer la durée du mouvement de l'enfant de A vers B dans deux cas : sans frottement et avec frottement. Prendre :





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

1) L'enfant grimpe du sol au sommet A.

1.1) Calculer la variation de l'énergie potentielle de pesanteur ΔEpp du système (Enfant, Terre) entre le sol et A.

1.2) Calculer le travail W effectué par le poids de l'enfant, lorsqu'il grimpe du sol au sommet A, sachant que $W = M\,g\,(h_i - h_f)$ avec h_i et h_f les altitudes initiales et finales par rapport au sol.

1.3) Comparer W et ΔEpp.

2) On suppose que l'enfant glisse sans frottement de A vers B.

2.1) Déterminer la valeur V_B de la vitesse de l'enfant lorsqu'il atteint le sol en B.

2.2) Montrer que la variation de la quantité de mouvement de l'enfant entre A et B est $\Delta\vec{P} = 120\,\vec{i}$ (kg.m/s).

2.3) Montrer que la somme des forces extérieures qui s'exercent sur l'enfant, durant son mouvement descendant de A vers B est $\Sigma\vec{F}_{ext} = 100\,\vec{i}$ (N).

2.4) Déduire, en appliquant la deuxième loi de Newton, la durée Δt_1 du parcours AB, sachant $\frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t} = \frac{d\vec{P}}{dt}$.

3) En réalité, l'enfant subit l'action d'une force de frottement $\vec{f}$, supposée constante et parallèle au déplacement. Pendant son mouvement descendant de A vers B, le système (Enfant, Toboggan, Terre, Atmosphère) perd 25 % de son énergie mécanique qu'il avait en A.

3.1) Montrer que durant le mouvement descendant de l'enfant de A vers B, la variation de l'énergie interne du système (Enfant, Toboggan, Terre, Atmosphère) est $\Delta U = 90$ J.

3.2) Déduire que la valeur de la force de frottement $\vec{f}$ est f = 25 N.

3.3) La variation de la quantité de mouvement de l'enfant entre A et B est dans ce cas $\Delta\vec{P} = 60\sqrt{3}\,\vec{i}$ (kg.m/s).
Déterminer, en appliquant la deuxième loi de Newton, la durée Δt_2 du parcours AB, sachant $\frac{\Delta\vec{P}}{\Delta t} = \frac{d\vec{P}}{dt}$

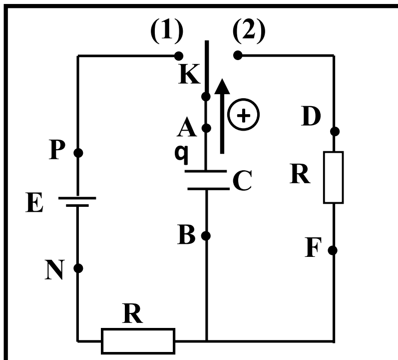
Exercice 2 (5,5 pts)

Effet de la capacité d'un condensateur sur la durée de sa décharge

Le but de cet exercice est d'étudier l'effet de la capacité d'un condensateur sur la durée de sa décharge.

Dans ce but, on réalise le circuit du document 3 qui comprend :

- un condensateur initialement non chargé de capacité C réglable ;
- deux conducteurs ohmiques identiques de résistance R = 100 Ω ;
- un générateur idéal de tension continue $u_{PN} = E$;
- un commutateur K.



Doc. 3

1) Charge du condensateur

À l'instant $t_0 = 0$, on place K à la position (1) et la phase de charge du condensateur commence. À t_1, le condensateur est complètement chargé.

1.1) Indiquer la valeur de l'intensité i du courant dans le circuit à l'instant t_1.

1.2) Écrire, à l'instant t_1, l'expression de la charge Q du condensateur en fonction de E et C.

2) Décharge du condensateur

Le condensateur est complètement chargé.

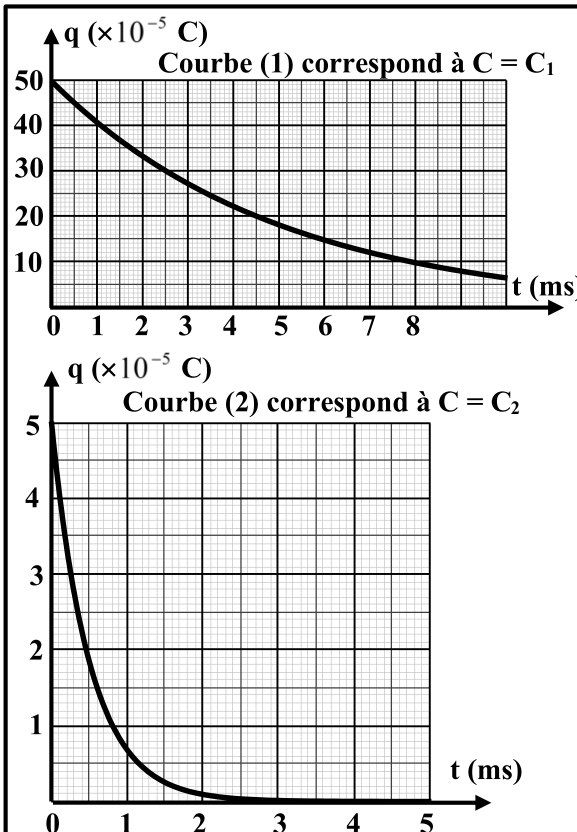
À un instant $t_0 = 0$, pris comme nouvelle origine de temps, K est placé à la position (2) ; le phénomène de décharge du condensateur commence.

2.1) Montrer que l'équation différentielle qui décrit la variation de la charge q de l'armature A du condensateur est : $R\,\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$.

2.2) La solution de cette équation différentielle est de la forme : $q = Q\,e^{-\frac{t}{\tau}}$ où τ est une constante.
Déterminer l'expression de τ en fonction de R et C.

2.3) Calculer le rapport $\frac{q}{Q}$ à $t = \tau$.

2.4) Vérifier que le condensateur sera pratiquement déchargé complètement à $t_2 = 5\,\tau$.



Doc. 4

3) Durée de décharge du condensateur

On répète la charge et la décharge du condensateur mais en donnant à C deux valeurs différentes C_1 et C_2 ; les courbes du document 4, montrent l'évolution de la charge q, au cours du temps, durant la décharge du condensateur pour chaque valeur de C.

3.1) En utilisant le document 4, recopier puis compléter le tableau suivant :

	La charge Q (en C) à $t_0 = 0$	La constante de temps τ (en ms)
Courbe (1) correspond à $C = C_1$	$Q_1 =$	$\tau_1 =$
Courbe (2) correspond à $C = C_2$	$Q_2 =$	$\tau_2 =$

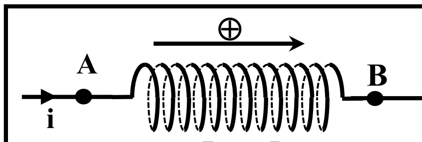
3.2) Calculer les valeurs de C_1 et C_2.

3.3) Déduire l'effet de la capacité du condensateur sur la durée de sa décharge.

Exercice 3 (5,5 pts)

Inductance et résistance d'une bobine

On dispose d'une bobine d'inductance L et de résistance r. Le but de cet exercice est de déterminer L et r par deux méthodes différentes.



Doc. 5

1) Première méthode

Une portion d'un circuit est formée de la bobine, qui est parcourue par un courant électrique d'intensité « i ». La bobine est orientée positivement de A vers B (Doc. 5).

1.1) Écrire l'expression de la f.é.m d'auto-induction « e » dans la bobine en fonction de L, i et du temps t.

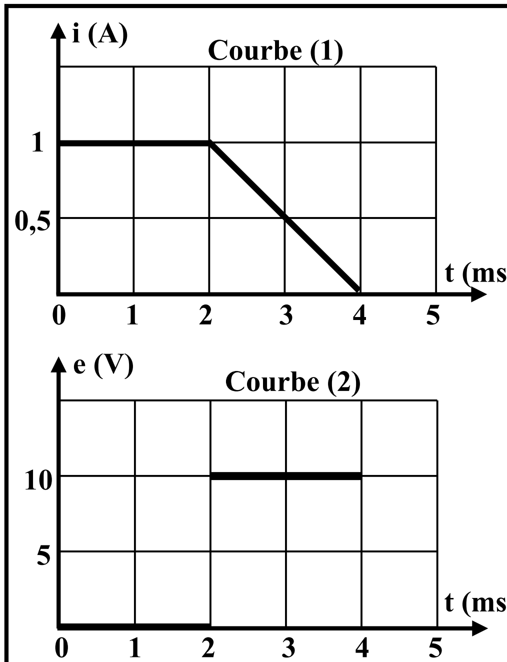
1.2) Les courbes (1) et (2) du document 6 montrent respectivement l'évolution de « i » et de « e » entre 0 et 4 ms.
En utilisant le document 6 :

1.2.1) justifier chacune des affirmations suivantes :

- **Affirmation 1** : entre 0 et 2 ms, la bobine se comporte comme un conducteur ohmique de résistance r.
- **Affirmation 2** : entre 2 ms et 4 ms, un phénomène d'auto-induction a lieu dans la bobine.
- **Affirmation 3** : entre 2 ms et 4 ms, la bobine fournit au circuit l'énergie magnétique emmagasinée.

1.2.2) déterminer la valeur de L ;

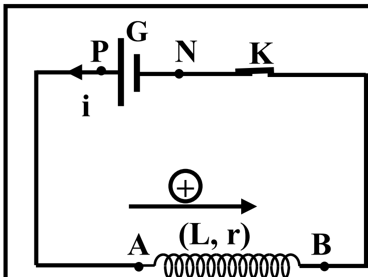
1.2.3) déterminer la valeur de r, sachant qu'à t = 3 ms la tension aux bornes de la bobine est u_{AB} = - 5 V.



Doc. 6

2) Deuxième méthode

On branche la bobine en série avec un générateur idéal G de force électromotrice (f.é.m) E = 20 V (Doc.7).
À l'instant t_0 = 0, on ferme l'interrupteur K. À un instant t, le circuit est parcouru par un courant d'intensité i. Le document 8 montre la courbe de l'évolution de i au cours du temps et la tangente (T) à la courbe i(t) à t_0 = 0.



Doc. 7

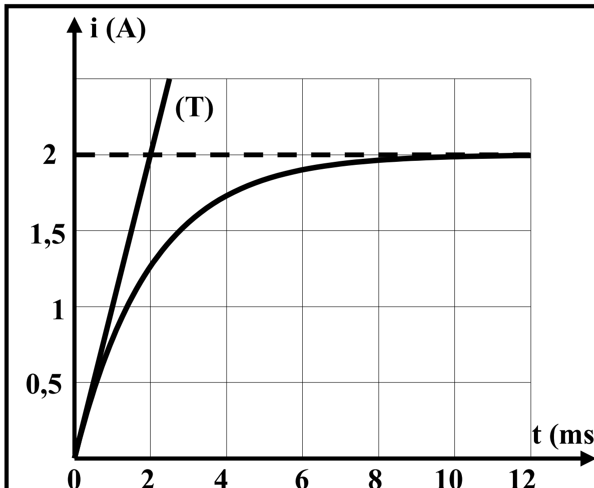
2.1) Établir l'équation différentielle du premier ordre qui décrit l'évolution de i au cours du temps.

2.2) Déterminer l'expression de l'intensité maximale I_m du courant circulant dans le circuit en régime permanent en fonction de E et r.

2.3) Calculer r, en utilisant le document 8.

2.4) Déterminer, en utilisant l'équation différentielle, l'expression de $\frac{di}{dt}$ à $t_0 = 0$ en fonction de E et L.

2.5) Calculer la pente de (T). En déduire L.



Doc. 8

Exercice 4 (4 pts)

Diamètre d'un fil de pêche

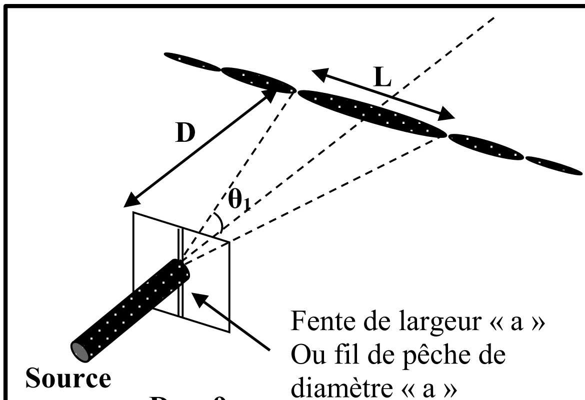
Le but de cet exercice est d'évaluer si le fil de pêche choisi par un pêcheur est adapté à la capture d'un poisson truite d'une taille spécifique en utilisant le phénomène de diffraction.

1) Dispositif de diffraction

Une lumière monochromatique, de longueur d'onde λ, tombe normalement sur une fente fine verticale de largeur « a ». La figure de diffraction est observée sur un écran placé perpendiculairement au faisceau de lumière incidente, et à une distance D de la fente. Soit « L » la largeur de la tache centrale brillante (Doc. 9).

Les angles de diffraction des franges dans cet exercice sont de petites valeurs.

Pour les faibles angles θ, prendre $\sin\theta \approx \tan\theta \approx \theta$ en radian.



Doc. 9

1.1) Décrire la figure de diffraction observée sur l'écran.

1.2) Écrire, en fonction de « a » et λ, l'expression de l'angle de diffraction θ_1 correspondant au centre de la première frange sombre.

1.3) Montrer que $L = \dfrac{2\lambda D}{a}$.

2) Diamètre du fil de pêche

Un pêcheur souhaite pêcher des truites de taille 50 à 55 cm. Il achète un fil de pêche fin et formé à 100% de copolymère, mais la résistance d'un fil de pêche dépend également de son diamètre « a ». Pour savoir si le fil choisi est adapté à un tel type de pêche, il utilise le dispositif de diffraction décrit au document 9, en remplaçant la fente de largeur « a » par le fil de pêche de diamètre « a », il observe alors sur l'écran une figure de diffraction similaire à celle obtenue dans le document 9.

L'écran est placé à une distance D du fil de pêche, la tache centrale obtenue sur l'écran est de largeur L_1 = 13 mm.

En éloignant l'écran de 50 cm du fil de pêche, la largeur de la tache centrale devient L_2 = 19,5 mm.

2.1) Montrer que D = 1m.

2.2) Calculer le diamètre « a » du fil choisi, sachant que la longueur d'onde de la lumière utilisée est λ = 650 nm.

2.3) En se référant au tableau du document 10, préciser si le fil choisi est adapté à la pêche des truites de taille 50 à 55 cm.

Fil de pêche 100 % copolymère	Diamètre	Utilisation
Fil (1)	0,10 mm	Convient à la pêche d'une truite de taille 35 à 40 cm
Fil (2)	0,18 mm	Convient à la pêche d'une truite de taille 50 à 55 cm
Fil (3)	0,25 mm	Convient à la pêche d'une truite de taille 65 à 70 cm
Doc. 10		https://www.truitesaquaponiques.com/

مسابقة الفيزياء
أسس التصحيح

Exercice 1 (5 pts)	Mouvement sur un toboggan	
Partie	**Réponse**	**Note**
1.1	L'énergie potentielle de pesanteur du système en B $Epp_{sol} = 0$ Et en A $Epp_A = M\,g\,h_A = 360$ J $\Delta Epp = Epp_A - Epp_{Sol} = 360 - 0 = 360$ J	**0,75**
1.2	Le travail effectué par le poids de l'enfant, lorsqu'il se déplace du sol au sommet A : $W = M\,g\,(h_i - h_f) = 20\times10\times(0 - 1{,}8) = -360$ J	**0,25**
1.3	$W_{poids} = -\Delta Epp$	**0,25**
2.1	$Em_A = Epp_A + Ec_A = 360$ J ($Ec_A = 0$ car $V_A = 0$) Pas de frottement, l'énergie mécanique du système est conservée, (Ou, les forces non conservatives sont négligeables) Donc $Em_B = Em_A = 360$ J Mais $Em_B = Ec_B + Epp_B$; $Epp_B = 0$ (sur le niveau de référence de l'Epp) Donc $\frac{1}{2} M\,V_B^2 = 360$ par suite $V_B = 6$ m/s	**0,75**
2.2	$\Delta\vec{P} = \vec{P_B} - \vec{P_A}$; $\Delta\vec{P} = M\vec{V_B} - M\,\vec{V_A}$, donc $\Delta\vec{P} = 20\times 6\,\vec{i} - \vec{0}$, alors $\Delta\vec{P} = 120\,\vec{i}$	**0,5**
2.3	$\Sigma\vec{F}_{Ext} = M\vec{g} + \vec{N}$, suivant $\vec{i}$: $\Sigma\vec{F}_{Ext} = Mg.\sin\alpha\,\vec{i} + \vec{0} = 100\,\vec{i}$	**0,5**
2.4	$\Delta\vec{P} = \Sigma\vec{F}_{Ext}\times\Delta t_1$, donc $120\,\vec{i} = 100\,\vec{i}\times\Delta t_1$, alors $\Delta t_1 = 1{,}2$ s	**0,25**
3.1	Le système (enfant, toboggan, Terre, Atmosphère) est énergétiquement isolé, son énergie totale $E = Em + U =$ constante Donc : $\Delta U = -\Delta(Em)$ Il y a perte 25 % de l'Em, donc : $\Delta(Em) = -0{,}25\times Em_A = -0{,}25(360) = -90$ J Par suite $\Delta U = -\Delta(Em) = 90$ J	**0,75**
3.2	La variation de l'énergie mécanique est due au travail effectué par la force de frottement : $\Delta Em = W_{\vec{f}}$ donc $\Delta(Em) = -90 = -f\times AB = -f\times\frac{h_A}{\sin(\alpha)}$ $-90 = -f\times3{,}6$, donc $f = 25$ N	**0,5**
3.3	$\Delta\vec{P} = \Sigma\vec{F}_{Ext}\times\Delta t_2$, $\Sigma\vec{F}_{Ext} = (Mg.\sin\alpha - f)\,\vec{i} + \vec{0}$ donc $60\sqrt{3}\,\vec{i} = (100 - 25)\,\vec{i}\times\Delta t_2$, alors $\Delta t_2 = 1{,}385$ s	**0,5**

Exercice 2 (5,5 pts) Effet de la capacité d'un condensateur sur la durée de sa décharge		
Partie	**Réponse**	**Note**
1.1	À L'instant t_1 : $i = 0$	**0,25**
1.2	$Q = C\,E$	**0,25**
2.1	$u_C = u_{DF} = u_R$; $\frac{q}{C} = R\,i$; mais $i = -\frac{dq}{dt}$ on obtient : $R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$	**0,5**
2.2	$q = Q\,e^{\frac{-t}{\tau}}$; $\frac{dq}{dt} = -\frac{Q}{\tau}\,e^{\frac{-t}{\tau}}$ on remplace q et $\frac{dq}{dt}$ dans l'équation différentielle $-R\,\frac{Q}{\tau}\,e^{\frac{-t}{\tau}} + \frac{Qe^{\frac{-t}{\tau}}}{C} = 0$; $Qe^{\frac{-t}{\tau}}\,[-\frac{R}{\tau} + \frac{1}{C}] = 0$; Mais $Qe^{\frac{-t}{\tau}} \neq 0$; donc $-\frac{R}{\tau} + \frac{1}{C} = 0$; alros $\frac{R}{\tau} = \frac{1}{C}$ Ce qui donne $\tau = RC$	**1**
2.3	Le rapport : $\frac{q}{Q} = \frac{Qe^{\frac{-t}{\tau}}}{Q}$ à $t = \tau$: $\frac{q}{Q} = e^{-1} = 0{,}37$	**0,5**
2.4	$q = Q\,e^{\frac{-t}{\tau}}$; à $t_2 = 5\,RC$: $q = Q\,e^{-5} = 0{,}006\,Q \approx 0$	**0,5**
3.1	Courbe (1): A $t_0 = 0$: $Q_1 = 50 \times 10^{-5}$ C à $t = \tau_1$: $q = 0{,}37 \times 50 \times 10^{-5} = 18{,}5 \times 10^{-5}$ C. D'après la courbe : $q = 18{,}5 \times 10^{-5}$ C correspond à t = 5 ms ; donc $\tau_1 = 5$ ms Courbe (2): A $t_0 = 0$: $Q_2 = 5 \times 10^{-5}$ C à $t = \tau_2$: $q = 0{,}37 \times 5 \times 10^{-5} = 1{,}85 \times 10^{-5}$ C. D'après la courbe : $q = 1{,}85 \times 10^{-5}$ C correspond à t = 0,5 ms ; donc $\tau_1 = 0{,}5$ ms [| Charge Q à $t_0 = 0$ | Constante de temps τ] [Courbe (1) pour $C = C_1$ | $Q_1 = 50 \times 10^{-5}$ C | $\tau_1 = 5$ ms] [Courbe (2) pour $C = C_2$ | $Q_2 = 5 \times 10^{-5}$ C | $\tau_2 = 0{,}5$ ms]	**1**
3.2	$\tau_1 = R\,C_1$, donc $C_1 = \frac{\tau_1}{R}$: $C_1 = \frac{5 \times 10^{-3}}{100}$ alors $C_1 = 5 \times 10^{-5}$ F = 50 µF $\tau_2 = R\,C_2$, donc $C_2 = \frac{\tau_2}{R}$; $C_2 = \frac{0{,}5 \times 10^{-3}}{100}$ alors $C_2 = 0{,}5 \times 10^{-5}$ F = 5 µF	**1**
3.3	Lorsque la capacité augmente la durée de décharge devient plus longue	**0,5**

Exercice 3 (5,5 pts)	Caractéristiques d'une bobine	
Partie	**Réponse**	**Note**
1.1	$e = -L\frac{di}{dt}$	**0,25**
1.2.1	•Affirmation 1 : Durant cet intervalle i = constante donc $\frac{di}{dt} = 0$ alors e = 0, La tension aux bornes de la bobines $u_{AB} = ri - e = ri$ La bobine se comporte alors comme un conducteur ohmique de résistance r. •Affirmation 2 : i varie avec le temps donc $e \neq 0$ donc un phénomène d'auto-induction a lieu dans le circuit •Affirmation 3 : i diminue, donc $W_{mag} = \frac{1}{2}Li^2$ diminue. Ou, e.i > 0, donc, elle joue le rôle d'un générateur	**1,5**
1.2.2	Durant l'intervalle [2ms ; 4 ms] : e = 10 V $\frac{di}{dt} = \text{pente} = \frac{0-1}{4\times10^{-3}-2\times10^{-3}} = -500$ A/s $e = -L\frac{di}{dt}$ donc : $10 = -L(-500)$, alors L = 0,02 H = 20 mH	**0,75**
1.2.3	$u_{AB} = ri - e$; à t = 3 ms : $-5 = r(0,5) - 10$ $0,5\,r = 10 - 5 = 5$; donc r = 10 Ω	**0,5**
2.1	$u_g = u_L$; $E = ri + L\frac{di}{dt}$	**0,5**
2.2	En régime permanent : $i = I_m$; et $\frac{di}{dt} = 0$ donc $E = r\,I_m$; alors $I_m = \frac{E}{r}$	**0,5**
2.3	$I_m = 2$ A ; $2 = \frac{20}{r}$ donc r = 10 Ω	**0,25**
2.4	$E = r\,i + L\frac{di}{dt}$, donc $\frac{di}{dt} = E - r\,i$; Mais à $t_0 = 0$: i = 0 par suite $\left.\frac{di}{dt}\right)_{t_0=0} = \frac{E}{L}$	**0,5**
2.5	La pente de la tangente $= \frac{2}{2\times10^{-3}} = 1000$ A/s Or, la pente de la tangente $= \left.\frac{di}{dt}\right)_{t_0=0} = \frac{E}{L}$; Donc, $1000 = \frac{20}{L}$; Alors L = 0,02 H = 20 mH	**0,75**

Exercice 4 (4 pts)	Diamètre d'un fil de pêche	
Partie	**Réponses**	**Note**
1.1	On observe sur l'écran : ▪ Alternativement des franges brillantes et sombres ; ▪ La frange centrale est la plus intense et sa largeur est double celles des autres franges brillantes ; ▪ La direction des franges d'interférences est perpendiculaire à celle de la fente.	**0,75**
1.2	$\sin\theta_1 \approx \theta_1 = \dfrac{\lambda}{a}$	**0,25**
1.3	$\tan\theta_1 = \dfrac{L/2}{D}$; alors $\theta_1 = \dfrac{L}{2D}$; $\dfrac{\lambda}{a} = \dfrac{L}{2D}$ donc : $L = \dfrac{2\lambda D}{a}$	**1**
2.1	$\dfrac{\lambda}{a} = \dfrac{L_1}{2D_1} = \dfrac{L_2}{2D_2}$; $\dfrac{L_2}{L_1} = \dfrac{D_2}{D_1} = \dfrac{D+0{,}5}{D}$ $\dfrac{L_2}{L_1} = \dfrac{D+0{,}5}{D}$; $\dfrac{19{,}5}{13} = \dfrac{D+0{,}5}{D}$ Alors 19,5 D = 13 D + 6,5 ; donc D = 1 m	**1**
2.2	$a = \dfrac{2\lambda D}{L_1}$; donc $a = \dfrac{2\times 650\times 10^{-9}\times 1}{1{,}3\times 10^{-2}}$; a = 0,1 mm	**0,5**
2.3	Le fil choisi n'est pas adapté à la pêche des poissons truites de taille 50 à 55 cm. Pour pêcher des poissons truites de taille 50 à 55 cm, il a besoin d'un fil dont le diamètre au moins 0,18 mm.	**0,5**