

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

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

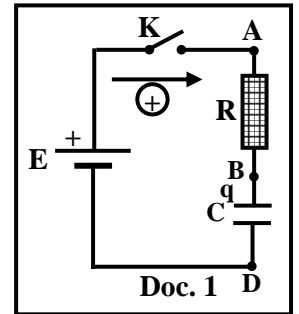
### Exercice 1 (5 pts)

#### Charge d'un condensateur

Le but de cet exercice est de déterminer la capacité  $C$  d'un condensateur et la puissance électrique moyenne consommée par ce dipôle pendant un certain intervalle de temps.

Dans ce but on réalise le circuit série du document 1 formé d'un conducteur ohmique de résistance  $R = 1 \text{ k}\Omega$ , d'un condensateur initialement neutre de capacité  $C$ , d'un générateur idéal de force électromotrice  $E$  et d'un interrupteur  $K$ .

On ferme  $K$  à la date  $t_0 = 0$ .



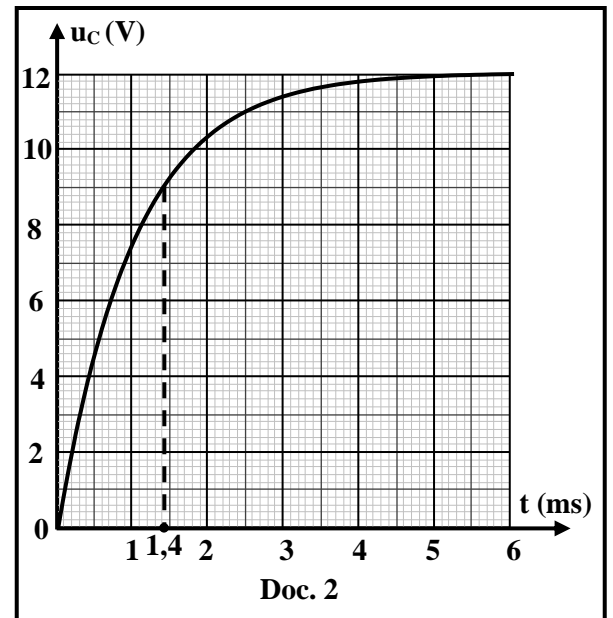
- 1) Nommer le phénomène physique qui a lieu dans le circuit.
- 2) Établir l'équation différentielle qui décrit l'évolution de la tension  $u_{BD} = u_C$  aux bornes du condensateur.

- 3) La solution de cette équation différentielle est :  $u_C = A + B e^{-\frac{t}{\tau}}$ .

Déterminer les expressions des constantes  $A$ ,  $B$  et  $\tau$  en fonction de  $E$ ,  $R$  et  $C$ .

- 4) La courbe du document 2 représente l'évolution de  $u_C$  avec le temps.

- 4.1) En se référant au document 2, indiquer la valeur de  $E$ .
- 4.2) En utilisant le document 2, déterminer la constante de temps  $\tau$  du circuit.
- 4.3) Déduire la valeur de  $C$ .
- 4.4) En utilisant le document 2, déterminer l'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur à  $t = 1,4 \text{ ms}$ .
- 4.5) Déduire la puissance électrique moyenne consommée le condensateur entre  $t = 0$  et  $t = 1,4 \text{ ms}$ .



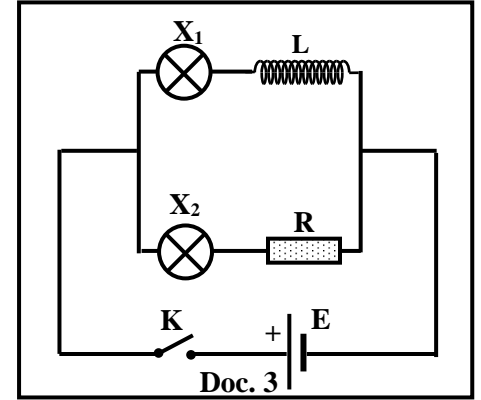
## Exercice 2 (5 pts)

### Auto-induction

On dispose d'un générateur idéal G de force électromotrice (f.é.m) E, d'une bobine d'inductance L et de résistance négligeable, d'un conducteur ohmique de résistance R, de deux lampes X<sub>1</sub> et X<sub>2</sub>, d'un oscilloscope et d'un interrupteur K.

Le but de cet exercice est d'étudier l'effet de l'inductance d'une bobine durant l'établissement du courant et de déterminer la valeur de son inductance.

On réalise, dans ce but, deux expériences :



#### 1) Première expérience

On réalise le circuit du document 3. Lorsqu'on ferme K, on constate que la lampe X<sub>2</sub> s'allume instantanément alors que la lampe X<sub>1</sub> s'allume avec un léger retard par rapport à X<sub>2</sub>.

Expliquer la cause de ce retard d'éclairage de la lampe X<sub>1</sub>.

#### 2) Deuxième expérience

On réalise le circuit du document 4. On donne R = 100 Ω.

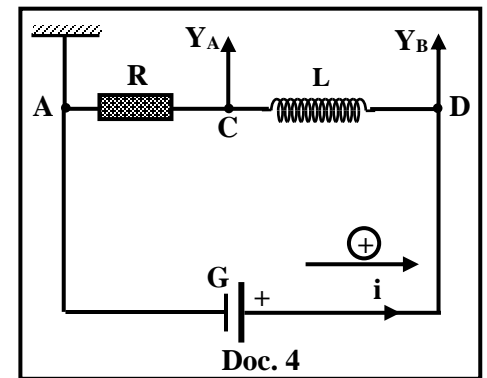
2.1) L'oscilloscope, branché comme l'indique le circuit du document 4, permet de visualiser l'évolution, en fonction du temps, de deux tensions.

Indiquer la tension visualisée sur chacune des voies Y<sub>A</sub> et Y<sub>B</sub>.

2.2) Établir l'équation différentielle qui décrit la variation de la tension u<sub>CA</sub> = u<sub>R</sub> aux bornes du conducteur ohmique.

2.3) La solution de cette équation différentielle est :

$$u_R = A \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$



Déterminer les expressions des constantes A et τ en fonction de E, L et R.

2.4) Montrer que la tension aux bornes du conducteur ohmique, en régime permanent, est u<sub>R</sub> = E.

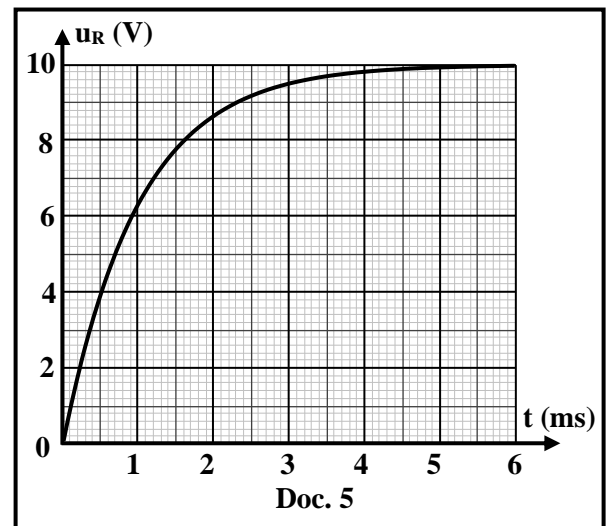
2.5) La courbe du document 5 représente l'évolution de la tension u<sub>R</sub> avec le temps.

2.5.1) En se référant au document 5, indiquer la valeur de E.

2.5.2) Définir la constante de temps τ d'un circuit série (R, L).

2.5.3) En utilisant le document 5, déterminer la valeur de τ.

2.5.4) Déduire la valeur de L.

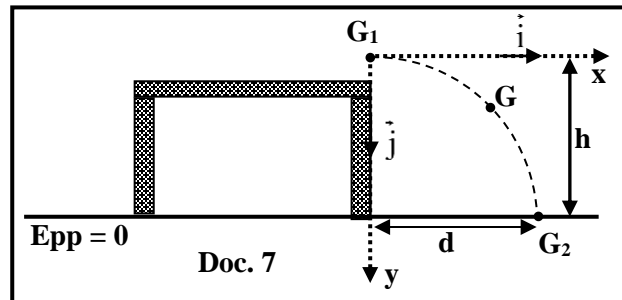
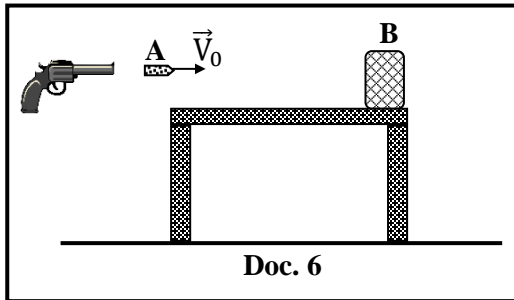


### Exercice 3 (5 pts)

#### Mouvement d'un bloc dans un plan vertical

Une arme à feu tire une balle (A) de masse  $m_1 = 10$  g vers un bloc (B), assimilée à une particule, de masse  $m_2 = 240$  g, initialement au repos, au bord d'une table horizontale (Doc.6).

La balle (A) frappe le bloc (B) avec une vitesse horizontale  $\vec{V}_0$  de valeur  $V_0 = 125$  m/s et s'y incruste. Le système [(A), (B)] est assimilé à une particule G de masse  $M = m_1 + m_2$ . Juste après la collision, G quitte la table, à la position  $G_1$  de hauteur  $h = 80$  m, avec une vitesse  $\vec{V}_1$  horizontale. G se déplace dans un plan vertical  $G_1xy$  contenant  $\vec{V}_1$ , puis il atteint le sol en  $G_2$  (Doc 7). On néglige les frottements avec l'air.



Prendre :

- le plan horizontal contenant  $G_2$  comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $g = 10$  m/s<sup>2</sup>.

- 1) Durant la collision entre (A) et (B), la quantité du mouvement du système [(A), (B)] est conservée. Pourquoi ?
- 2) Dédire que la valeur de  $\vec{V}_1$  est  $V_1 = 5$  m/s.
- 3) Montrer que la collision entre (A) et (B) est une collision non élastique (choc mou).
- 4) G quitte la table en  $G_1$  à un instant  $t_0 = 0$  pris comme origine de temps.
  - 4.1) Durant le mouvement de G entre  $G_1$  et  $G_2$ , l'énergie mécanique du système [(A), (B), Terre] est conservée. Pourquoi ?
  - 4.2) Dédire la valeur de la vitesse  $V_2$  avec laquelle G atteint le sol en  $G_2$ .
  - 4.3) Appliquer la deuxième loi de Newton pour montrer que l'expression de la quantité du mouvement du système [(A), (B)], à une date  $t$ , est :  $\vec{P} = 1,25 \vec{i} + 2,5t \vec{j}$  (en S.I.).
  - 4.4) Dédire les équations paramétriques  $x(t)$  et  $y(t)$  de G dans le repère  $G_1xy$ .
  - 4.5) Sachant les coordonnées de  $G_2$  ( $x_{G_2} = d$ ,  $y_{G_2} = 80$  m), déduire :
    - 4.5.1) le temps pris par G pour passer de  $G_1$  à  $G_2$  ;
    - 4.5.2) la valeur de la distance  $d = x_{G_2}$ .

## Exercice 4 (5 pts)

### Pendule pesant

On dispose d'une tige rigide AB, uniforme, de section négligeable, de masse  $M = 0,5 \text{ kg}$  et de longueur  $L = AB = 2 \text{ m}$ . Cette tige peut tourner autour d'un axe horizontal  $(\Delta)$  passant par son extrémité supérieure A (Doc. 8).

Le but de cet exercice est de déterminer le moment d'inertie  $I_1$  de la tige par rapport à  $(\Delta)$ .

Dans ce but on fixe sur l'extrémité inférieure B de la tige, une particule de masse  $m = 0,1 \text{ Kg}$ .

Le système (S), formé de la tige et de la particule, constitue un pendule pesant de centre de masse G.

(S) est écarté, à partir de sa position d'équilibre ( $\theta_0 = 0$ ), d'un petit angle puis il est lâché sans vitesse initiale à  $t_0 = 0$ .

(S) oscille alors sans frottement autour de  $(\Delta)$ .

À un instant  $t$ , l'élongation angulaire du pendule est  $\theta$  et sa vitesse angulaire est  $\theta' = \frac{d\theta}{dt}$ .

Prendre :

- le plan horizontal contenant A comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur ;
- $\sin \theta \approx \theta$  et  $\cos \theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2}$  pour  $\theta \leq 10^\circ$  ( $\theta$  en rd) ;
- $g = 10 \text{ m/s}^2$  ;  $\pi^2 = 10$ .

1) Écrire l'expression du moment d'inertie  $I$  de (S) par rapport à  $(\Delta)$  en fonction de  $I_1$ ,  $m$  et  $L$ .

2) Montrer que la position de G par rapport à A est :  $AG = a = \frac{L(M + 2m)}{2(M + m)}$ .

3) (S) effectue des oscillations libres non-amorties. Pourquoi ?

4) Écrire l'expression de l'énergie mécanique du système [(S), Terre] en fonction de  $m$ ,  $M$ ,  $g$ ,  $\theta$ ,  $\theta'$  et  $I$ .

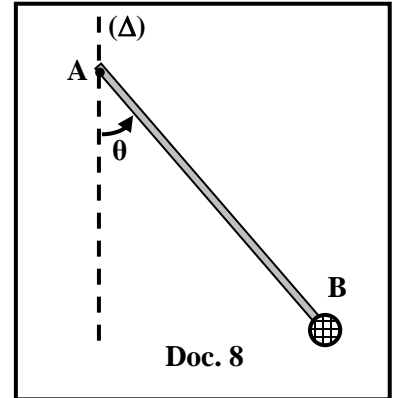
5) Établir l'équation différentielle en  $\theta$  qui régit le mouvement de (S).

6) Dédurre que l'expression de la période propre du pendule est  $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{2I}{(M + 2m)gL}}$ .

7) Le pendule effectue 20 oscillations pendant 49 secondes.

7.1) Déterminer la valeur de  $I$ .

7.2) Dédurre la valeur de  $I_1$ .



## Exercice 1 (5 pts)

## Charge d'un condensateur

Partie	Réponse	Note	
1	Charge d'un condensateur	0,25	
2	$u_{AD} = u_{AB} + u_{BD}$ $E = Ri + uc$ $E = R C \frac{duc}{dt} + uc$ $i = \frac{dq}{dt}$ et $q = C uc$ donc $i = C \frac{duc}{dt}$	1	
3	$uc = A + Be^{-t/\tau}$ , donc $\frac{duc}{dt} = -\frac{B}{\tau} e^{-t/\tau}$ On remplace $uc$ et $\frac{duc}{dt}$ dans l'équation différentielle $E = -RC \frac{B}{\tau} e^{-t/\tau} + A + Be^{-t/\tau}$ $E = Be^{-t/\tau} (-RC \frac{1}{\tau} + 1) + A$ Cette égalité est vérifiée à tout instant $t$ , donc : $E = A$ et $Be^{-t/\tau} (-RC \frac{1}{\tau} + 1) = 0$ $Be^{-t/\tau} = 0$ inacceptable, donc $(-RC \frac{1}{\tau} + 1) = 0$ ; par suite $\tau = RC$	1	
4	4.1	$E = 12 \text{ V}$	0,25
	4.2	$\text{À } t = \tau : uc = 0,63 E = 0,63 \times 12 = 7,56 \text{ V}$ Graphiquement, pour $uc = 7,56 \text{ V}$ , $t = \tau = 1 \text{ ms}$	1
	4.3	$\tau = RC$ , donc $1 \times 10^{-3} = 1000 \times C$ , alors $C = 1 \times 10^{-6} \text{ F}$	0,5
	4.4	Graphiquement, à $t = 1,4 \text{ ms}$ on a $uc = 9 \text{ V}$ $W_C = \frac{1}{2} C uc^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 10^{-6} \times 9^2$ , donc $W_C = 4,05 \times 10^{-5} \text{ J}$	0,5
	4.5	$P_{moyenne} = \frac{W_C}{\Delta t} = \frac{4,05 \times 10^{-5}}{1,4 \times 10^{-3}} = 0,029 \text{ W}$	0,5

**Exercice 2 (5 pts)**

**Auto-induction**

Partie	Réponses	Note
<b>1</b>	A l'instant de fermeture de l'interrupteur, l'intensité du courant augmente, ce qui donne naissance au phénomène d'auto-induction dans la bobine qui va retarder l'établissement du courant ce qui explique le retard d'éclairage de la lampe $X_1$ branchée en série avec la bobine.	<b>0,75</b>
<b>2</b>	<b>2.1</b> Sur la voie $Y_A$ on mesure $u_{CA}$ Sur la voie $Y_B$ on mesure $u_{DA}$ .	<b>0,25</b> <b>0,25</b>
	<b>2.2</b> $u_{DA} = u_{DC} + u_{CA}$ $E = L \frac{di}{dt} + u_R$ ; $i = \frac{u_R}{R}$ , donc $\frac{di}{dt} = \frac{1}{R} \frac{du_R}{dt}$ On remplace $\frac{di}{dt}$ : $E = \frac{L}{R} \left( \frac{du_R}{dt} \right) + u_R$	<b>1</b>
	<b>2.3</b> $u_R = A (1 - e^{-t/\tau}) = A - A e^{-t/\tau}$ , donc $\frac{du_R}{dt} = \frac{A}{\tau} e^{-t/\tau}$ On remplace $u_R$ et $\frac{du_R}{dt}$ dans l'équation différentielle : $E = \frac{LA}{R\tau} e^{-t/\tau} + A - A e^{-t/\tau}$ Cette équation est vérifiée à tout instant, donc $E = A$ $Ae^{-t/\tau} \left( \frac{L}{R\tau} - 1 \right) = 0$ , mais $A e^{-t/\tau} = 0$ est inacceptable Donc, $\left( \frac{L}{R\tau} - 1 \right) = 0$ , par suite $\tau = \frac{L}{R}$	<b>1</b>
	<b>2.4</b> En régime permanent $t = 5 \tau$ alors $u_R = E(1 - e^{-5}) \cong E$	<b>0,25</b>
	<b>2.5.1</b> $E = 10V$	<b>0,25</b>
	<b>2.5.2</b> C'est la durée nécessaire pour que l'intensité du courant atteigne 63% de sa valeur maximale.	<b>0,5</b>
	<b>2.5.3</b> At $t = \tau$ : $u_R = 0,63E = 0,63 \times 10 = 6,3 V$ Graphiquement : pour $u_R = 6,3 V$ , $t = \tau = 1 ms$	<b>0,25</b>
	<b>2.5.4</b> $\tau = \frac{L}{R}$ , donc $1 \times 10^{-3} = \frac{L}{100}$ , alors $L = 0,1 H$	<b>0,5</b>

**Exercice 3 (5 pts)**

**Mouvement d'un bloc dans un plan vertical**

Partie	Réponse	Note	
1	Durant la collision, les forces extérieures appliquées au système sont négligeables par rapport aux forces intérieures. Le système étudié est isolé pendant la collision $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{0}$ donc $\vec{P}$ est constante.	0,25	
2	$\vec{P}_{\text{avant}} = \vec{P}_{\text{après}}$ $m \vec{V}_0 = (m_1 + m_2) \vec{V}_1$ Donc, $0,01 \times 125 \vec{i} = (0,01 + 0,24) \vec{V}_1$ , alors $V_1 = 5 \text{ m/s}$	0,75	
3	$E_{\text{c avant}} = \frac{1}{2} m V_0^2 = \frac{1}{2} \times 0,01 \times 125^2 = 78,125 \text{ J}$ $E_{\text{c après}} = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) V_1^2 = \frac{1}{2} (0,01 + 0,24) \times 5^2 = 3,125 \text{ J}$ $E_{\text{c avant}} > E_{\text{c après}}$ , donc c'est un choc inélastique	0,5	
4	4.1	Car on néglige les frottements avec l'air.	0,25
	4.2	$E_{m G_1} = E_{m G_2}$ $E_{c G_1} + E_{pp G_1} = E_{c G_2} + E_{pp G_2}$ $E_{c G_1} + (m_1 + m_2)gh = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) V_2^2 + 0$ $3,125 + (0,25 \times 10 \times 80) = \frac{1}{2} \times 0,25 \times V_2^2$ ; Donc, $V_2 = 40,3 \text{ m/s}$	0,75
	4.3	$\frac{d\vec{P}}{dt} = \sum \vec{F}_{\text{ext}} = (m_1 + m_2) \vec{g} = (m_1 + m_2)g \vec{j}$ Par projection sur $G_1X$ : $\frac{dP_x}{dt} = 0$ ; $P_x = \text{cte} = P_{0x} = (m_1 + m_2)v_1 = 0,25 \times 5 = 1,25 \text{ kg.m/s}$ Par projection sur $G_1Y$ : $\frac{dP_y}{dt} = (m_1 + m_2)g$ ; $P_y = (m_1 + m_2)gt + P_{0y}$ or $V_1$ est horizontale donc $P_{0y} = 0$ on aura $P_y = (m_1 + m_2)gt = 0,25 \times 10 \times t = 2,5 t \text{ (S.I.)}$ Donc $\vec{P} = 1,25 \vec{i} + 2,5t \vec{j}$	0,75
	4.4	$v_x = \frac{P_x}{(M+m)} = v_1 = 5 \text{ m/s}$ donc $x(t) = 5t + x_0 = 5t$ $v_y = \frac{P_y}{(M+m)} = 10 t$ donc $y(t) = 5t^2 + y_0 = 5t^2$	0,5 0,5
	4-5	1	Lorsque G arrive en $G_2$ , on a $y = 80 \text{ m}$ alors $80 = 5t^2$ donc $t = 4 \text{ s}$
	2	En remplaçant $t = 4$ dans l'équation horaire $x(t)$ on calcul $x_{G_2} = d = 20 \text{ m}$	0,25

**Exercice 4 (5 pts)**

**Pendule pesant**

Partie	Réponses	Note
1	$I = I_{\text{tige}/(\Delta)} + I_{\text{particule}/(\Delta)} = I_1 + m L^2$	0,5
2	$\vec{AG} = \frac{M\vec{AO} + m\vec{AB}}{M+m}$ ; $a = \frac{M\frac{L}{2} + mL}{M+m} = \frac{L(M+2m)}{2(M+m)}$	0,75
3	(S) oscille alors sans frottement autour de $(\Delta)$	0,25
4	$E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2} I(\theta')^2 - (M+m)gh \quad ; \quad h = a \cos \theta$ $E_m = \frac{1}{2} I(\theta')^2 - (m+M)g a \cos \theta$ $E_m = \frac{1}{2} I(\theta')^2 - (m+M)g \left( \frac{L(M+2m)}{2(M+m)} \right) \cos \theta$ $E_m = \frac{1}{2} I(\theta')^2 - \frac{gL(M+2m)}{2} \cos \theta$	1
5	<p>Pas de frottement, <math>E_m = \text{constante}</math> , donc <math>\frac{dE_m}{dt} = 0</math></p> $I\theta' \theta'' + \frac{gL(M+2m)}{2} \theta' \sin \theta = 0 \quad , \text{ donc } \theta' (I\theta'' + \frac{gL(M+2m)}{2} \sin \theta) = 0$ <p><math>\theta' = 0</math> inacceptable , donc <math>I\theta'' + \frac{gL(M+2m)}{2} \sin \theta = 0</math></p> <p><math>\theta</math> faible, donc <math>\sin \theta \approx \theta</math> , alors <math>\theta'' + \frac{(M+2m)gL}{2I} \theta = 0</math></p>	0,5
6	<p>L'équation différentielle est de la forme : <math>\theta'' + \omega_0^2 \theta = 0</math></p> <p>Donc <math>\omega_0 = \sqrt{\frac{(M+2m)gL}{2I}}</math> ; mais <math>\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}</math></p> <p>Donc <math>T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{2I}{(M+2m)gL}}</math></p>	1
7	<p>7.1 <math>T_0 = \frac{49}{20} = 2,45 \text{ s}</math></p> $T_0^2 = \frac{8\pi^2 I}{(M+2m)gL} \quad ; \quad 2,45^2 = \frac{8(10)I}{(0,5+0,2)\times 10 \times 2} \quad \text{ donc } I = 1,05 \text{ kg.m}^2$	0,5
	<p>7.2 <math>I = I_1 + m L^2</math></p> $I_1 = 1,05 - (0,1 \times 2^2) \quad , \text{ donc } I_1 = 0,65 \text{ kg.m}^2$	0,5