

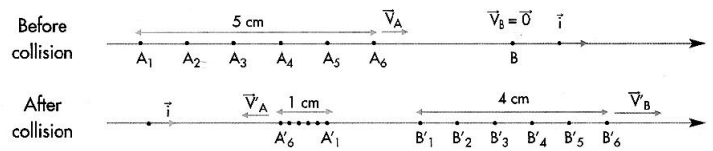
الاسم: مسابقة في الفيزياء  
الرقم: المدة : ساعتان

Cette épreuve, formée de quatre exercices obligatoires, est constituée de quatre pages numérotées de 1 à 4.

L'usage des calculatrices non programmables est autorisé.

### Premier exercice (7 points) Collision et lois de conservation

Pour étudier la collision entre deux mobiles, on dispose d'une table à coussin d'air horizontale, équipée d'un lanceur et de deux mobiles autoporteurs (A) et (B) de masses respectives  $m_A = 0,2 \text{ kg}$  et  $m_B = 0,3 \text{ kg}$ . (A),



lancé à la vitesse  $\vec{V}_A = V_A \vec{i}$ , entre en collision avec (B), initialement au repos. (A) rebondit avec la vitesse  $\vec{V}'_A = V'_A \vec{i}$ , et (B) part avec la vitesse  $\vec{V}'_B = V'_B \vec{i}$ .

La figure ci-dessous représente, à l'échelle réelle, une partie des enregistrements de positions des centres d'inertie de (A) et (B), obtenus à des intervalles de temps successifs et égaux à  $\tau = 20 \text{ ms}$ .

#### A) Loi relative à la quantité de mouvement

- I) 1) Prouver, à partir de la figure, que les vitesses  $\vec{V}_A$ ,  $\vec{V}'_A$  et  $\vec{V}'_B$  sont constantes et calculer les valeurs algébriques  $V_A$ ,  $V'_A$  et  $V'_B$ .
- 2) Déterminer les quantités de mouvement,  $\vec{P}_A$  et  $\vec{P}'_A$  de (A), respectivement avant et après le choc et  $\vec{P}'_B$  de (B) après le choc.
- 3) En déduire les quantités de mouvement,  $\vec{P}$  et  $\vec{P}'$ , du centre d'inertie du système formé par (A) et (B) respectivement avant et après le choc.
- 4) Comparer  $\vec{P}$  et  $\vec{P}'$  et conclure.
- II) 1) Faire l'inventaire des forces s'exerçant sur le système [(A), (B)].
- 2) Que vaut la somme de ces forces?
- 3) Ce résultat est compatible avec la conclusion faite dans (I - 4). Pourquoi?

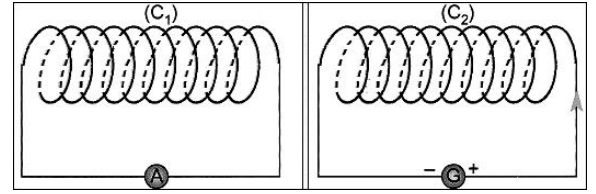
#### B) Loi relative à l'énergie cinétique

- 1) Calculer l'énergie cinétique du système formé par (A) et (B) avant et après le choc.
- 2) En déduire la nature du choc.

## Deuxième exercice (7 points) Le transformateur

Le but de cet exercice est de mettre en évidence le principe de fonctionnement et le rôle d'un transformateur idéal.

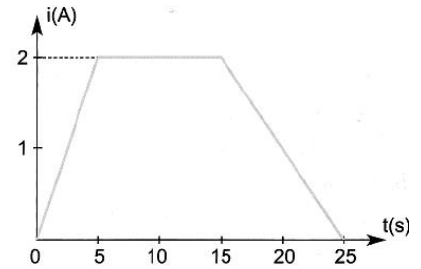
Dans ce but, on dispose de deux bobines, l'une ( $C_1$ ) de 1000 spires et l'autre ( $C_2$ ) de 500 spires; la surface de chacune des spires de ( $C_1$ ) et ( $C_2$ ) est de  $100 \text{ cm}^2$ .



### A) Principe de fonctionnement

La bobine ( $C_1$ ) est reliée à un ampèremètre sensible (A) et la bobine ( $C_2$ ) est montée aux bornes d'un générateur de façon à former deux circuits fermés. (Fig. 1)

La bobine ( $C_2$ ) est alors parcourue par un courant d'intensité  $i$  évoluant en fonction du temps comme l'indique le graphique de la figure 2. De ce fait, ( $C_2$ ) crée, à travers ( $C_1$ ), un champ magnétique  $\vec{B}$  supposé uniforme de module  $B = 2 \times 10^{-3}$  (B en T et i en A).



- 1) Donner, en fonction de  $i$ , l'expression du flux magnétique à travers ( $C_1$ ).
- 2) Donner l'expression  $e$  de la f.é.m. induite dans la bobine ( $C_1$ ).
- 3) Trouver les valeurs de  $e$  pour  $0 \text{ s} \leq t \leq 25 \text{ s}$ .
- 4) Tracer le graphique donnant l'évolution de  $e$ , en fonction du temps, pour  $0 \text{ s} \leq t \leq 25 \text{ s}$ .  
Echelle: sur l'axe des temps:  $1 \text{ cm} \rightarrow 5 \text{ s}$  et sur l'axe des  $e$ :  $1 \text{ cm} \rightarrow 4 \text{ mV}$ .
- 5) Reproduire le schéma de la figure 1 et indiquer, en utilisant la loi de Lenz, le sens du courant dans ( $C_1$ ), dans l'intervalle  $0 \text{ s} \leq t \leq 5 \text{ s}$ .

### B) Rôle

Les bobines ( $C_1$ ) et ( $C_2$ ), séparées des circuits précédents, sont utilisées avec un noyau de fer doux convenable pour former un transformateur idéal (T) dans lequel ( $C_1$ ) et ( $C_2$ ) sont respectivement les enroulements primaire et secondaire.

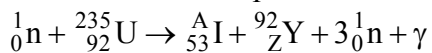
- 1) On maintient aux bornes de ( $C_1$ ) une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace  $U_1 = 220 \text{ V}$ . Un voltmètre, utilisé en mode AC et monté aux bornes de ( $C_2$ ), indique une valeur  $U_2$ .
  - a) Donner un schéma simplifié de (T).
  - b) (T) se comporte-t-il comme un survolteur ou comme un sous-volteur? Justifier la réponse et calculer  $U_2$ .
- 2) Une lampe, montée aux bornes de ( $C_2$ ), est parcourue par un courant d'intensité efficace  $I_2 = 1 \text{ A}$ . Calculer l'intensité efficace  $I_1$  du courant passant dans la bobine ( $C_1$ ).

### Troisième exercice (6 points) Fission nucléaire

**Données:** masse d'un neutron:  $m_n = 1,00866 \text{ u}$   
masse d'un noyau d'uranium 235:  $m(^{235}\text{U}) = 234,99342 \text{ u}$   
  
masse d'un noyau d'iode A:  $m(^A\text{I}) = 138,89700 \text{ u}$   
  
masse d'un noyau d'yttrium 94:  $m(^{94}\text{Y}) = 93,89014 \text{ u}$   
  
 $1 \text{ u} = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$ .  
  
 $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

Dans une centrale nucléaire, on utilise des noyaux d'uranium 235 comme combustible. Le noyau d'uranium 235, qui subit une réaction nucléaire, a dû être bombardé par un neutron thermique.

1) Une des réactions possibles subies par l'uranium 235 a la forme:



- Le noyau d'uranium 235 est fissile. Pourquoi?
- Cette réaction nucléaire subie par le noyau d'uranium 235 est dite provoquée. La réaction provoquée est un de deux types de réactions nucléaires. Nommer l'autre type et dire comment distinguer un type de l'autre.
- Déterminer les valeurs de A et de Z en précisant les lois utilisées.
- Calculer l'énergie libérée au cours de la réaction précédente. Sous quelles formes apparaît cette énergie libérée?

2) Cette centrale nucléaire convertit 30% de l'énergie libérée en énergie électrique. Calculer la masse d'uranium 235 consommée chaque jour dans une centrale nucléaire sachant qu'elle fournit une puissance électrique de  $6 \times 10^8 \text{ W}$ .

Question I (07 points)

	Chaque mobile (avant et après la collision) parcourt des distances égales pendant mêmes intervalles de temps:	0,25
A-I-1.	$v_A = \frac{A_1 A_6}{5 \tau} = \frac{5 \times 10^{-2} m}{5 \times 20 \times 10^{-3} s} = 0,5 m/s$ , so $\vec{v}_A = 0,5 \vec{i} (m/s)$ ;	0,5
	$\vec{v}'_A = -0,1 \vec{i} (m/s)$ ;	0,25
	$\vec{v}'_B = +0,4 \vec{i} (m/s)$ ;	0,25
A-I-2.	$\vec{p}_A = m_A \vec{v}_A = 0,1 \vec{i} (kg \cdot m/s)$ ;	0,5
	$\vec{p}'_A = -0,02 \vec{i} (kg \cdot m/s)$ ;	0,25
	$\vec{p}'_B = 0,12 \vec{i} (kg \cdot m/s)$ ;	0,25
A-I-3.	$\vec{p} = 0,1 \vec{i} (kg \cdot m/s)$ ;	0,5
	$\vec{p}' = 0,1 \vec{i} (kg \cdot m/s)$ ;	0,25
A-I-4.	$\vec{p} = \vec{p}'$ ; Donc, la quantité de mouvement du système [(A), (B)] est conservée.	0,5
A-II-1.	Les forces agissant sur le système [(A), (B)] sont le poids de chacun $\vec{m}_A \vec{g}$ et $\vec{m}_B \vec{g}$ et les réactions normales exercées par le support $\vec{N}_A$ et $\vec{N}_B$ .	0,5
A-II-2.	La force résultante: $\sum \vec{F}_{ext} = (\vec{m}_A \vec{g} + \vec{N}_A) + (\vec{m}_B \vec{g} + \vec{N}_B) = \vec{0}$	1
A-II-3.	Si $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ , alors $\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{0}$ ;	0,5
B-1.	$E_{C \text{ juste avant la collision}} = 0,025 J$ $E_{C \text{ juste après la collision}} = 0,025 J$	1
B-2.	La collision est élastique.	0,5

Question II (07 points)

<b>A-1.</b>	<p>Le flux magnétique à travers (<math>C_1</math>):</p> $\phi = N_1 B S_1 \cos \theta \text{ avec } \theta = (\vec{n}, \vec{B}) = 0;$ $\phi = 1000 \times 2 \times 10^{-3} i \times 100 \times 10^{-4} \times \cos 0 = 0,02 i$ <p>(<math>\phi</math> en <math>Wb</math> et <math>i</math> en <math>A</math>)</p>	<p>0,25</p> <p>0,5</p>
<b>A-2.</b>	<p>Loi de Faraday:</p> $e = -\frac{d\phi}{dt} = -0,02 \frac{di}{dt} \text{ (avec } i \text{ en } A \text{ et } e \text{ en } V)$	0,5
<b>A-3.</b>	<p>Pour <math>0 \leq t \leq 5s</math>, <math>e_1 = -0.02 \times \frac{(2-0)}{(5-0)} = -8mV</math>.</p>	0,5
	<p>Pour <math>5s \leq t \leq 15s</math>, <math>e_2 = 0</math>.</p> <p>Pour <math>15s \leq t \leq 25s</math>, <math>e_3 = 4mV</math></p>	0,25
<b>A-4.</b>	Graphique	0,5
<b>A-5.</b>	<p>Pour <math>0 \leq t \leq 5s</math>, le courant augmente alors l'intensité du champ magnétique <math>\vec{B}</math> augmente aussi. D'après la loi de Lenz, le champ magnétique induit <math>\vec{B}_i</math> doit agir dans le sens opposés afin de s'opposer à ce changement. Alors <math>\vec{B}_i</math> est horizontal vers la droite.</p>	0,5
	<p>D'après la Règle de la Main Droite, le courant induit a travers (<math>C_1</math>) dans le sens des aiguilles de la montre.</p> <p>Diagramme</p>	0,5
<b>B-1.a)</b>	Appareil	0,5
<b>B-1.b)</b>	<p>Loi des tensions:</p> $\frac{U_2}{220V} = \frac{500}{1000};$ <p>Alors <math>U_1 = 110V</math>.</p>	1
<b>B-2.</b>	<p>Loi des courants:</p> $\frac{1A}{I_1} = \frac{1000}{500};$ <p>Alors <math>I_1 = 0.5A</math></p>	1

Question III (06 points)

<b>1.a)</b>	Le noyau d'uranium $^{235}\text{U}$ , bombardé par un neutron thermique, se divise en deux noyaux plus légers.	<b>0,5</b>
<b>1.b)</b>	L'autre type est la radioactivité. Une réaction nucléaire provoquée nécessite l'intervention d'un agent extérieur tandis que la réaction spontanée se produit naturellement	<b>0,25</b> <b>0,5</b>
<b>1.c)</b>	D'après les lois de Soddy: Conservation du nombre de masse: $1 + 235 = A + 94 + 3 \times 1$ , alors $A = 139$ ; Conservation du nombre de charge: $0 + 92 = 53 + Z$ , alors $Z = 39$ ;	<b>0,5</b> <b>0,5</b>
<b>1.d)</b>	La masse perdue au cours de cette réaction: $m_\ell = [m({}_0^1n) + m({}_{92}^{235}\text{U})] - [m({}_{53}^A\text{I}) + m({}_{39}^{94}\text{Y}) + 3m({}_0^1n)];$ Alors, $m_\ell = 0.18806u$ L'énergie libérée par une seule réaction: $E_\ell = m_\ell c^2 = 0,18806 \times 931,5\text{MeV} = 175,2\text{MeV}.$ L'énergie libérée apparait sous: <ul style="list-style-type: none"> <li>☒ énergie cinétique portée par les neutrons émises et les noyaux fils.</li> <li>☒ énergie rayonnante portée par les rayonnements <math>\gamma</math>.</li> </ul>	<b>0,5</b> <b>0,5</b> <b>0,5</b>
<b>2.</b>	L'énergie nucléaire générée par l'uranium pendant un jour: $E_{\text{nucléaire}} = P_{\text{nucléaire}} \times \Delta t = 2 \times 10^9 \times 24 \times 3600 = 1,728 \times 10^{14}\text{J}.$ $1 \text{ fission} \xrightarrow{\text{masse}} 234,99342 \times 1,66 \times 10^{-27}\text{kg} \xrightarrow{\text{Libère}} 175,2 \times 1,6 \times 10^{-13}\text{J}$ $m \xrightarrow{\text{libère}} 1,728 \times 10^{14}\text{J}$ La masse journalière d'uranium consommée: $m = 2.4\text{kg}.$	<b>0,25</b> <b>0,5</b> <b>1</b> <b>0,5</b>