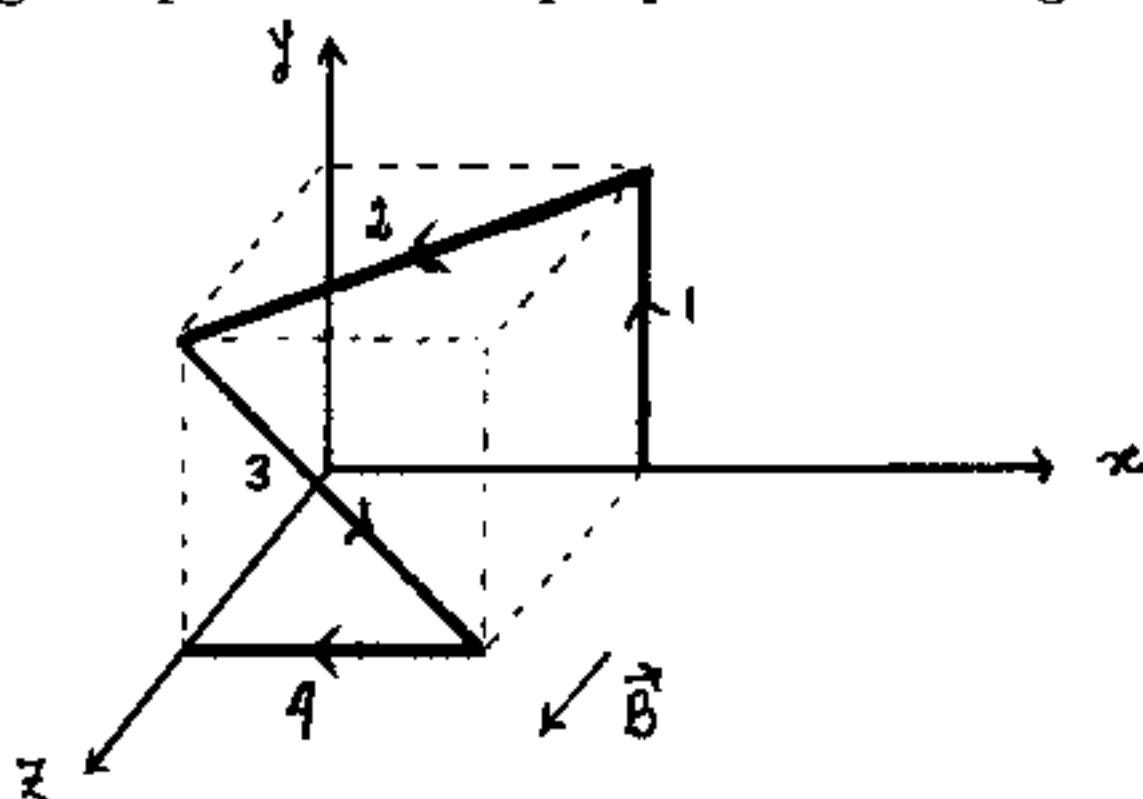


Question 1. (Maximum de 5 points) Champ magnétique.

Un proton (masse : 1.672×10^{-27} kg, charge : 1.602×10^{-19} C) décrit une orbite circulaire de rayon 20 cm perpendiculaire à un champ magnétique de 0.8 T. Calculez : (a) le module de sa vitesse; (b) la période de son mouvement; (c) son énergie cinétique.

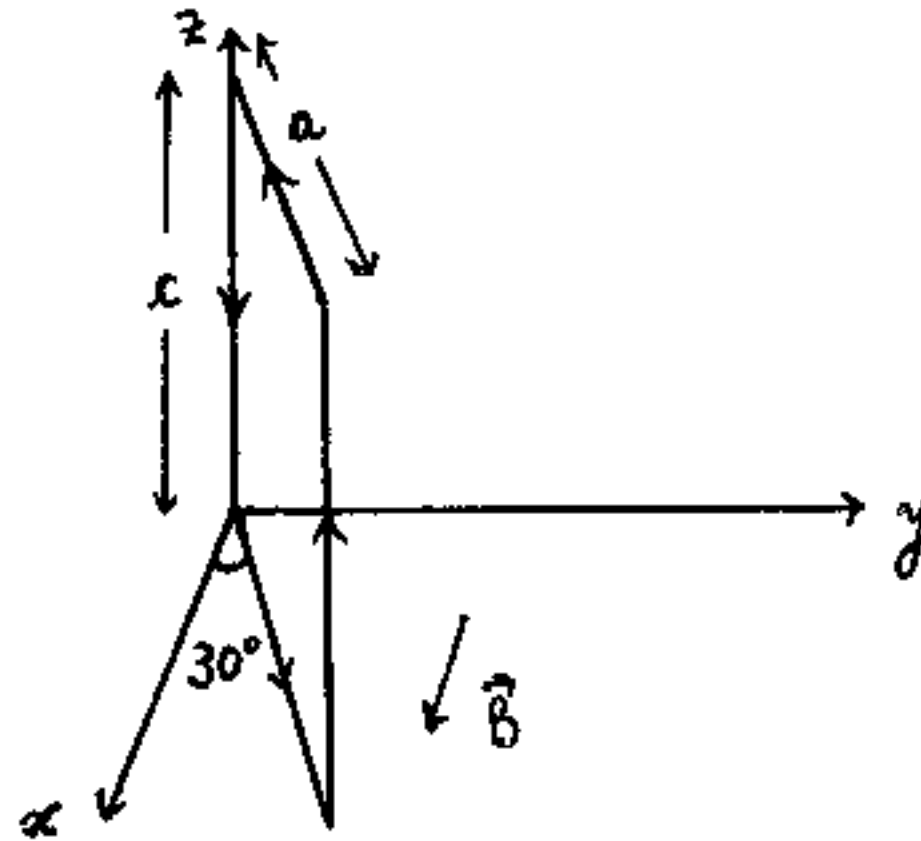
Question 2. (Maximum de 6 points) Force sur un conducteur.

Un fil conducteur traversé par un courant de 12 A prend la forme illustrée ci-dessous, où le cube a une arête de 20 cm. Avec un champ $\mathbf{B} = 0.5\mathbf{k}$ T, quelle force magnétique subit chaque portion rectiligne du fil?

**Question 3. (Maximum de 5 points) Force sur un cadre.**

Une bobine rectangulaire comportant *seize tours* a pour côtés $a = 20$ cm et $c = 50$ cm (figure ci-dessous). Le plan de la bobine fait un angle de 30° par rapport à un champ magnétique $\mathbf{B} = 0.5\mathbf{i}$ T, et elle est parcourue par

un courant $I = 10 \text{ A}$. (a) Quel est le vecteur moment magnétique dipolaire $\vec{\mu}$ (grandeur et direction)? (b) Quel est le vecteur moment de force sur la bobine? (c) L'angle entre le cadre et l'axe des x tend à diminuer ou à augmenter? Expliquez brièvement.



Question 4. (Maximum de 5 points) Loi de Faraday-Lenz.

Une boucle circulaire de *diamètre* 10 cm est placée sur une table horizontale. Un champ magnétique uniforme de 0.2 T est dirigé verticalement vers le haut à $t = 0 \text{ s}$. Cependant, ce champ varie suivant la relation

$$B(t) = -12.5t + 0.2,$$

où t est en secondes et B en teslas. (a) Quelle est la variation de flux magnétique à travers la boucle entre 0 et 20 ms? (b) Quelle est la f.é.m. induite? (c) Lorsqu'on regarde la boucle du dessus, quel est le sens du courant induit (horaire/anti-horaire)?

Question 5. (Maximum de 6 points) Inductance mutuelle.

Deux bobines circulaires sont dans le même plan, de sorte qu'elles sont enroulées autour du même axe, et l'une est à l'intérieur de l'autre. La bobine 1 a $N_1 = 24$ tours et un rayon $R_1 = 1.5 \text{ cm}$. La bobine 2 se trouve à l'intérieur de la bobine 1. Elle compte $N_2 = 15$ tours et son rayon est $R_2 = 9 \text{ mm}$.

(a) Exprimez l'inductance mutuelle M pour le flux dans la bobine 2 dû au courant dans la bobine 1, en fonction de μ_0 , N_1 , N_2 , R_1 et R_2 . (b) Quelle est la valeur numérique de M ?

Question 6. (Maximum de 4 points) Densité nucléaire.

(a) Calculez la densité d'un noyau en divisant sa masse totale, approximativement égale au nombre de ses nucléons fois la masse d'un nucléon (environ

1.67×10^{-27} kg), par son volume. (b) À cette densité, quelle serait la masse d'une bille de rayon 2.3 mm? (c) Quel est le rayon d'une étoile à neutron, de masse égale à 0.4 fois la masse du soleil ($M_{\text{soleil}} = 1.99 \times 10^{30}$ kg), en supposant sa densité égale à la densité nucléaire?

Question 7. (Maximum de 4 points) Énergie de liaison.

Calculez (a) l'énergie de liaison (en MeV) du plomb $^{206}_{82}\text{Pb}$, et (b) son énergie de liaison par nucléon (en MeV/nucléon). La masse d'un atome de plomb est 205.974440 u, *incluant* les 82 électrons qu'il contient. La masse d'un atome d'hydrogène (i.e. un proton plus un électron) est de 1.007825 u, et celle d'un neutron est de 1.008665 u. Rappelez-vous que 1 u correspond à 931.494 MeV.

Question 8. (Maximum de 5 points) Datation au carbone 14.

(a) Quelle fraction des atomes de $^{14}_6\text{C}$ reste-t-il après 2000 ans? (b) Si un échantillon de squelette a une masse de 13.4 g et une activité de 1.1 Bq, quelle est l'âge de cet échantillon?

(Rappelez-vous que la demi-vie du carbone est de 5730 années, et qu'un organisme *vivant* a une activité d'environ 0.23 Bq par gramme de carbone.)

Question 9. (Maximum de 5 points) Dosimétrie.

Supposez qu'une personne (la malheureuse!) de 80 kg soit exposée, en une seule dose et sur tout le corps, à 0.25 gray de radiation nucléaire. (a) Quelle énergie totale a-t-elle reçue? Calculez la *dose absorbée en rem* et déduisez-en son *effet*, si la radiation consiste en (b) neutrons rapides dont RBE=10; (c) en particules alpha dont RBE=18. (Rappel : si dose < 50 rem, pas d'effet à court terme; si 50 < dose < 300 rem, malaise d'irradiation; si 400 < dose < 500 rem, 50% de chance de mourir dans les mois suivants, et si dose > 600 rem, mort imminente.)

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$$

$$F = q v B \sin \theta$$

$$\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$$

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

$$\vec{\mu} = N I A \hat{u}_n$$

$$\tau = N I A B \sin \theta$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2 \pi R}$$

$$\Delta \Phi_B = \vec{B} \cdot \Delta \vec{A} = B \Delta A \cos \theta$$

$$N_a \Phi_{aa} = L_a I_a$$

$$\mathcal{E}_{aa} = -L_a \frac{dI_a}{dt} \text{ ou } -L_a \frac{\Delta I_a}{\Delta t}$$

$$B = [\Sigma m - M] e^2$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-\frac{t \ln 2}{T_{1/2}}}$$

$$1 \text{ Bq} = \frac{1 \text{ désintégration}}{\text{seconde}}$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$v = v_0 + a t$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

$$v = \omega r$$

$$T = \frac{1}{f}$$

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$$

$$E = K + u$$

$$E_i = E_f$$

$$K = \frac{1}{2} m v^2$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$f = \frac{m}{V}$$

$$A = \pi R^2$$

$$V = \frac{4\pi R^3}{3}$$

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2R}$$

$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

$$1 \text{ GRAY} = 1 \text{ J/kg}$$

$$1 \text{ RAD} = \frac{1}{100} \text{ GRAY}$$

$$N_a \Phi_{ab} = L_a I_a \quad N_b \Phi_{ab} = M I_b \quad (\vec{\delta}_{ij} : \text{Flux au travers Bobile } i \text{ par courant } I_j)$$

$$\mathcal{E}_{ab} = -L_a \frac{dI_a}{dt} \text{ ou } -M \frac{dI_b}{dt}$$

$$C = 2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$\text{(DOSE EN REM)} = (\text{DOSE EN RAD}) \times \text{RBE}$$

$$A_{ct} = \lambda N = \left| \frac{dN}{dt} \right|$$

$$A_{ct} = A_{ct_0} e^{-\lambda t} = A_{ct_0} e^{-\frac{t \ln 2}{T_{1/2}}}$$

$${}^1_0\text{X} \quad ; \quad \lambda = (1.2 \times 10^{-15}) A^{1/3} \text{ m}$$

PROTONS

$$m_1 = 1.672 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$z = 0.8$$

$$q_1 = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$R = 0.20 \text{ m}$$

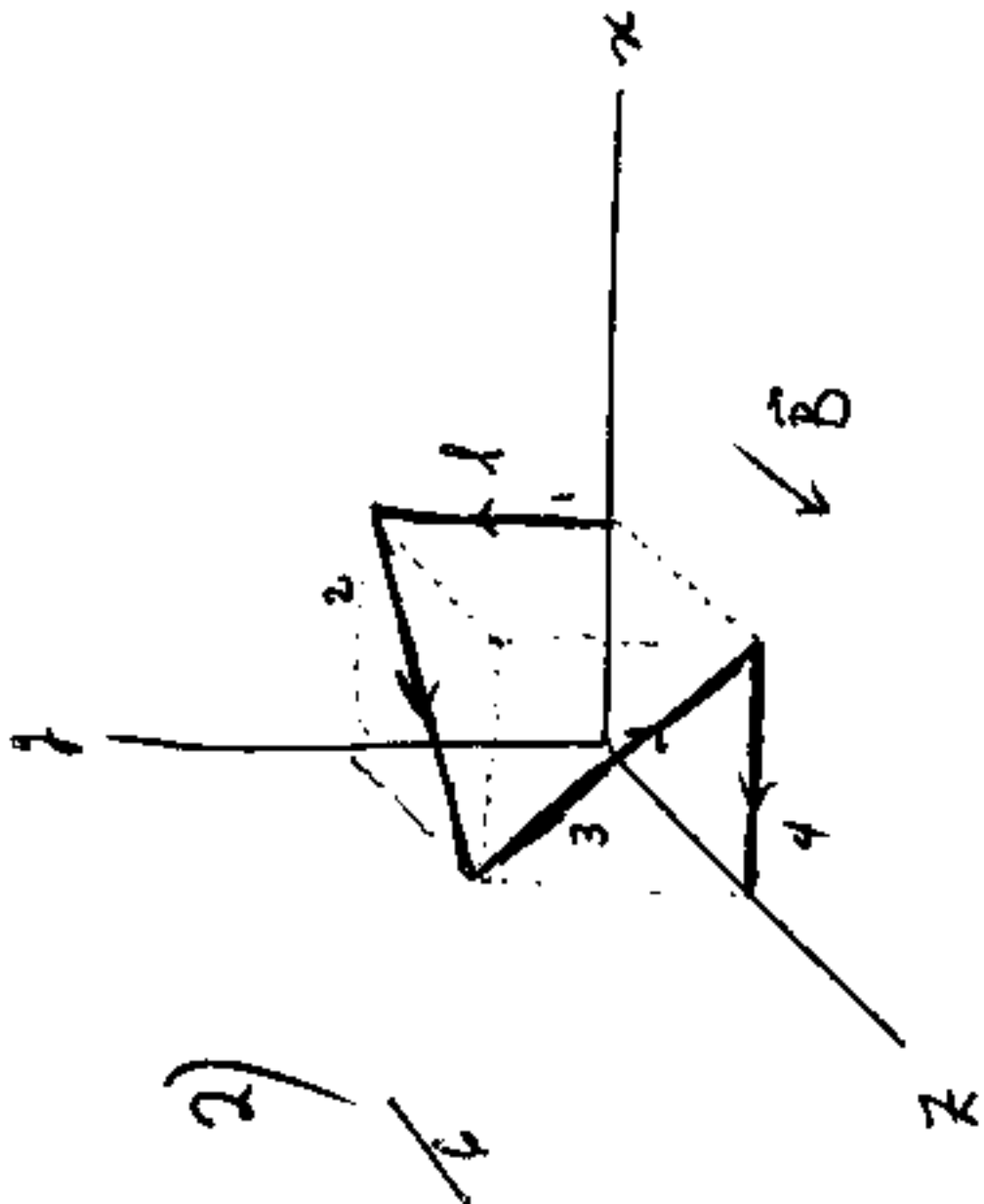
$$(a) \quad q_1 B = \frac{mv^2}{R}$$

$$v = \frac{q_1 B R}{m} = \frac{(1.602 \times 10^{-19})(0.8)(0.2)}{1.672 \times 10^{-27}} = 1.53 \times 10^7 \text{ m/s}$$

$$(b) \quad T = \left(\frac{2\pi m}{q_1 B} \right)^{-1} = \left(\frac{2\pi B}{2\pi m} \right)^{-1} = \left(\frac{1.602 \times 10^{-19}(0.8)}{2\pi(1.672 \times 10^{-27})} \right)^{-1} = 8.20 \times 10^{-8} \text{ s}$$

$$(c) \quad K = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} (1.672 \times 10^{-27}) (1.53 \times 10^7)^2 = 1.96 \times 10^{-13} \text{ J} \times \frac{1 \text{ eV}}{1.602 \times 10^{-19} \text{ J}} = 1.22 \times 10^6 \text{ eV}$$

(REMARQUE: $m_p = 939 \times 10^6 \frac{\text{eV}}{c^2}$)

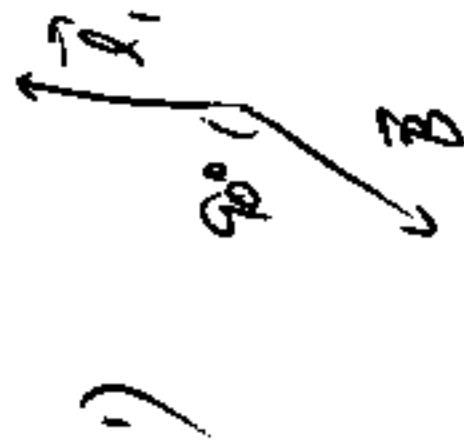


$$I = 12 \text{ A}$$

$$l = 0.2 \text{ m}$$

$$\vec{B} = 0.5 \hat{k} \text{ T}$$

$$\vec{F} = I \vec{l} \times \vec{B}$$



$$|\vec{F}_1| = I l_1 B \sin 90^\circ = (12)(0.2)(0.5) = 1.2 \text{ N}$$

$$\vec{F}_1 = 1.2 \hat{i} \text{ N}$$

$$\sqrt{0.2^2 + 0.2^2} = 0.283$$

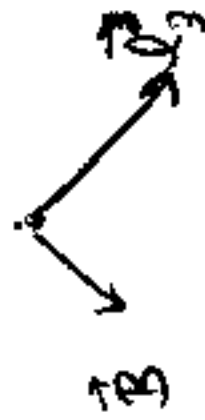


$$\vec{F}_2 = I l_2 B \sin 45^\circ \hat{j} = (12)(0.283)(0.5) \frac{1}{\sqrt{2}} \hat{j} \Rightarrow \vec{F}_2 = 1.2 \hat{j} \text{ N}$$

$$\rightarrow 0.283$$

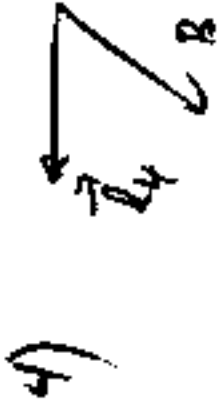
3)

$$|\vec{F}_3| = I l_3 B \sin 90^\circ = 1.70 \text{ N i } 45^\circ \text{ entre } -x \text{ et } -y, \text{ ou } -(1.2\hat{x} + 1.2\hat{y}) \text{ N}$$



4)

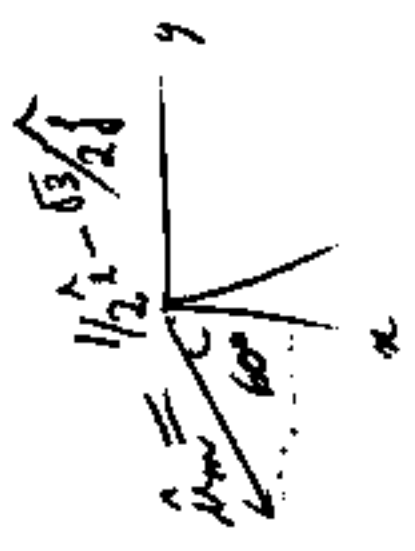
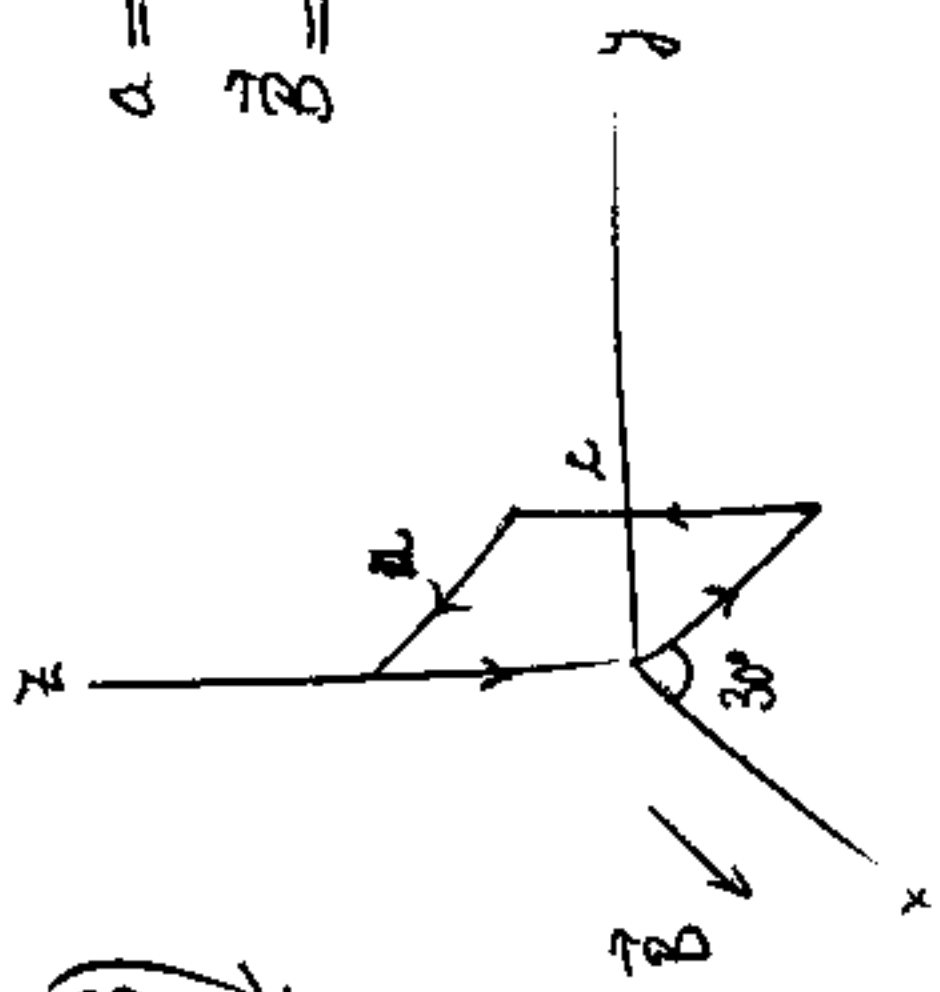
$$\vec{F}_4 = I l_4 B \sin 90^\circ = (12)(0.2)(0.5) = 1.2 \hat{j} \text{ N}$$



3) / 5

$a = 0,2 \text{ m}$ $\theta = 0,5 \text{ m}$

$\vec{B} = 0,5\hat{i} \text{ T}$ $I = 10 \text{ A}$



\vec{n} : main droite

(a) $\vec{\mu} = NIA\vec{n}$

$N = 16, A = 0,1 \text{ m}^2$

$NIA = 16 \text{ A}\cdot\text{m}^2$

$\vec{\mu} = 16 \text{ A}\cdot\text{m}^2$ à 60° de l'axe x vers y NÉGATIF

ou $16 \cdot \frac{1}{2} \hat{i} - \frac{16\sqrt{3}}{2} \hat{j} = 8\hat{i} - 13,9\hat{j} \text{ A}\cdot\text{m}^2$

16 / 0,5

$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B} = \mu B \sin 60^\circ \hat{k} = 6,93 \hat{k} \text{ N}\cdot\text{m}$

(b)



l'ANGLE ENTRE LE CADRE ET \vec{I} TEND À AUGMENTER

(c)

4) 1/6

$$r = 0.05 \text{ m}$$

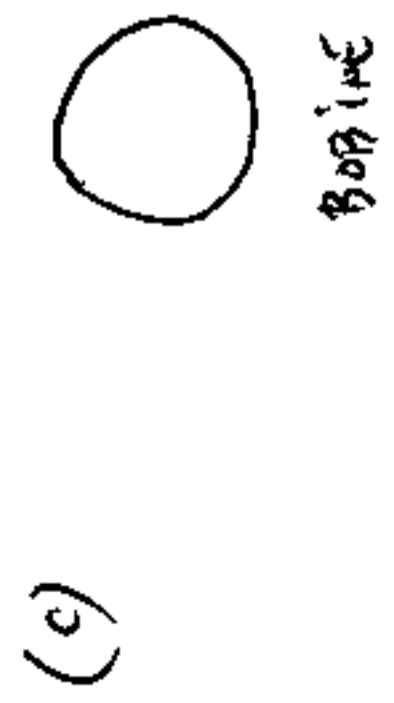
$$B = 0.2 \text{ T} \quad \text{à} \quad t = 0 \quad ; \quad B(t) = -12.5t + 0.2 \text{ T}$$

$$B = -12.5(0.02) + 0.2 = -0.05 \text{ T} \quad \text{à} \quad t = 20 \text{ ms} = 0.02 \text{ s}$$

$$(a) \quad \Delta \Phi_B = (\Phi_f - \Phi_i) = (-0.05 - 0.2) \pi r^2 = \boxed{-1.96 \times 10^{-3} \text{ Wb}}$$

$$(b) \quad \mathcal{E} = - \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = \frac{1.96 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-3}} = \boxed{98.2 \text{ mV}}$$

PHS BESOIN DE DÉRIVER



donc \vec{B}_{INDUIT} VERS LE HAUT

maison droite

ANTI-MORAIRE

5) Bobine 1 : $N_1 = 24$ tours $R_1 = 1,5 \text{ cm} = 0,015 \text{ m}$

Bobine 2 : $N_2 = 15$ tours $R_2 = 9 \text{ mm} = 0,009 \text{ m}$

M Pour le flux dans 2
dû au courant dans 1

$M I_2 = N_1 \Phi_{12}$: flux total par 1,
↳ courant dans 2.

$$1 \Leftrightarrow 2$$

$$M = \frac{N_2 \Phi_{21}}{I_1}$$

$$\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{T}\cdot\text{m}}{\text{A}}$$

$$\Phi_{21} = k_2 B_1 = (\pi R_2^2) \left(\frac{\mu_0 N_1 I_1}{2 R_1} \right)$$

$$M = \frac{N_2 \mu_0 N_1 \pi R_2^2}{2 R_1}$$

$$= \frac{\mu_0 \pi N_1 N_2 R_2^2}{2 R_1}$$

$$M = \frac{(4\pi \cdot 10^{-7}) \pi (24) (15) 0,009^2}{2 \cdot 0,015}$$

$$3,84 \times 10^{-6} \text{ H} \text{ ou } 3,84 \mu\text{H}$$

6) 1/4

$1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

$$= 2.31 \times 10^{17} \text{ kg/m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{A m_m}{\frac{4\pi r^3}{3}} = \frac{m_m}{\frac{4}{3} \pi r_0^3} = \frac{3 m_m}{4\pi r_0^3}$$

$$r_0 = 1.2 \times 10^{-15} \text{ m}$$

$$m = \rho V = \int \frac{4\pi r^3}{3} = 1.18 \times 10^{10} \text{ kg}$$

$$2.91 \times 10^{17} \quad 2.3 \times 10^{-3} \text{ m}$$

(c) ÉTOILE à neutrons: $0.4 \times 1.99 \times 10^{30} \text{ kg} = 0.796 \times 10^{30} \text{ kg}$

$$\rho = \frac{m}{\frac{4\pi r^3}{3}} \quad r = \sqrt[3]{\frac{m}{\frac{4\pi}{3} \rho}} = \sqrt[3]{\frac{0.796 \times 10^{30}}{\frac{4\pi}{3} (2.91 \times 10^{17})}} = 9.37 \text{ km}$$

7) ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ (Plomb) $m = 205.974440 \text{ u}$ (incluant 82 électrons)

\downarrow
 $m_H = 1.007825 \text{ u}$ ($= m_p + m_e$)

${}_{124}^{124}\text{M}$ $m_M = 1.008665 \text{ u}$

$$\begin{aligned}
 \text{(a)} \quad \Delta &= \sum m - m \\
 &= 82(1.007825) + 124(1.008665) - 205.974440 \\
 &= 1.74167 \text{ u} \times \frac{931.494 \text{ MeV}}{1 \text{ u}} = \boxed{1620 \text{ MeV}}
 \end{aligned}$$

$$\text{(b)} \quad \frac{1620 \text{ MeV}}{206} = \boxed{7.86 \text{ MeV/nucleon}}$$

8)
$$\frac{N}{N_0} = e^{-t \frac{\ln 2}{T_{1/2}}}$$

$$= e^{-\frac{2000 \ln 2}{5730}} = 0.485 = \boxed{48.5\%}$$

$$T_{1/2} = 5730 \text{ ans}$$

$$\frac{13g}{6} = 2.166 \text{ g}$$

13g = 1 désintégration / sec

(b) un organisme vivant a une activité d'environ 0.23 Bq par gramme de carbone

un échantillon a une masse 13.4g et activité de 1.1 Bq = Act

A $t=0$ (décès) $Act_0 = (0.23 \frac{Bq}{g})(13.4g) = 3.082 Bq$

$Act = Act_0 e^{-t \frac{\ln 2}{T_{1/2}}}$

$T_{1/2} = 5730 \text{ ans}$

$$-\ln \frac{Act}{Act_0} = t \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

$$t = -\frac{T_{1/2}}{\ln 2} \ln \frac{Act}{Act_0}$$

$$= -\frac{5730 \ln 1.1}{\ln 2} = \boxed{8520 \text{ ans}}$$

a) $\frac{1}{5}$ UNE PERSONNE DE 80 kg REÇOIT (EN UNE DOSE, ET SUR TOUT LE CORPS) 0.25 GRAY DE RADIATION.

$$(a) \bar{E} = \text{dose} \times \text{masse} = 0.25 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \times 80 \text{ kg} = \boxed{20 \text{ J}}$$

0.25 gray = 25 rad

(b) neutrons rapides RBE = 10

$$(25 \text{ rad}) (10) = \boxed{250 \text{ REM : RADIATION SICKNESS}}$$

(c) α RBE = 18

$$(25 \text{ rad}) (18) = \boxed{450 \text{ REM : 50\% de mort dans quelques mois}}$$