

EXERCICE I

Le 26 avril 1986 un réacteur de la centrale nucléaire de Tchernobyl s'emballa et explosa. Le panache ainsi rejeté dans l'atmosphère a disséminé des éléments radioactifs importants sur le plan sanitaire tels que l'iode 131 et le césium 137.

I-1- Donner la définition de l'activité d'un radioélément et l'unité dans laquelle elle s'exprime.

L'iode 131 de demi-vie $t_{1/2} = 8$ jours, est radioactif β^- .

I-2- Ecrire son équation de désintégration en précisant les lois de conservation utilisées. Nommer les produits de cette désintégration.

I-3- Rappeler la définition de la demi-vie.

Calculer la constante radioactive λ et la constante de temps τ de la loi de décroissance de l'iode 131.

L'activité A_0 de l'iode 131 relâchée par l'explosion de Tchernobyl est évaluée à **1 760 PBq**. ($1\text{PBq} = 10^3 \text{TBq} = 10^6 \text{GBq}$).

I-4- Exprimer son activité actuelle A , 23 ans plus tard.

Le césium 137 est aussi un émetteur β^- mais avec une constante de temps τ' de 43,3 ans. La contamination des sols à la suite de l'explosion est principalement due à cet élément. Selon le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements atomiques (UNSCEAR) une surface S d'environ **10 000 km²** de territoire de l'ex-Union Soviétique ont été contaminés en 1986 avec du césium 137 produisant une radioactivité supérieure à **555 kBq m⁻²**. Ces territoires sont appelés zones de contrôle spécial.

I-5- Evaluer le nombre N de noyaux de césium 137 correspondant au seuil A_{seuil} de **555 kBq**.

I-6- Quelle est donc la masse minimale $m_{\text{césium}}$ de césium 137 qui a été déposée sur ces zones de contrôle spécial ? On note M la masse molaire de cet élément.

I-7- Si on suppose que la décroissance radioactive est la seule cause de décontamination et qu'il n'y a pas de nouvel apport de césium 137, à partir de quelle année les territoires qui présentaient en 1986 une radioactivité de **555 kBq m⁻²** pourraient-ils avoir une activité inférieure à **37 kBq m⁻²**, limite inférieure de la contamination selon l'UNSCEAR ?

Le césium 137 est habituellement mesuré par spectrométrie γ .

I-8- Qu'est-ce que le rayonnement γ ? Par quel nucléide est-il émis lors de la mesure du césium 137 ?

Données : Nombre d'Avogadro $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Quelques éléments suivant leur numéro atomique Z :

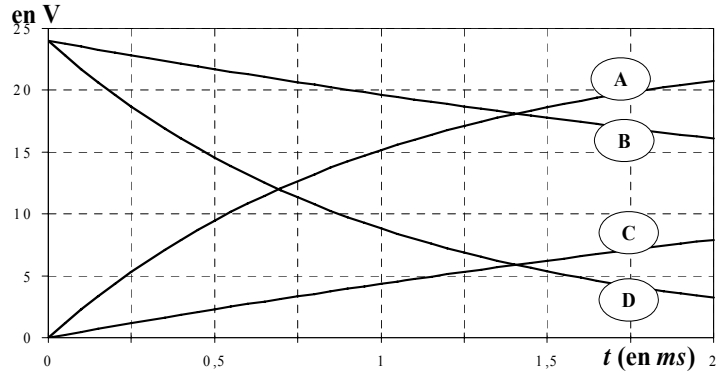
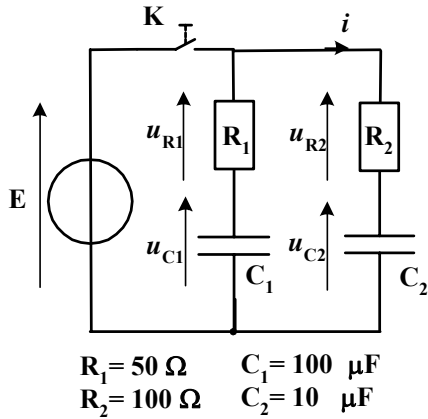
Z	51	52	53	54	55	56
Symbole	Sb	Te	I	Xe	Cs	Ba
Nom	Antimoine	Tellure	Iode	Xénon	Césium	Baryum

REPONSES A L'EXERCICE I

I-1.	Définition de l'activité : <i>L'activité d'un radioélément est le nombre de désintégrations par seconde</i> Unité : <i>becquerels</i>
I-2.	Equation : $I \rightarrow e + Xe^*$ Lois de conservation : <i>On utilise la conservation du nombre de nucléons et du nombre de charges.</i> Nommer les produits : <i>les produits de la désintégration sont 1 électron et du xénon en état excité.</i>
I-3.	Définition de la demi-vie : <i>La demi-vie est la durée au bout de laquelle le nombre de noyaux est divisé par 2</i> Constante radioactive $\lambda = \ln(2)/t_{1/2} = 10^{-6} s^{-1}$ Constante de temps $\tau = 10^6 s$ soit <i>11,5 jours.</i>
I-4.	Activité actuelle A : Expression littérale $A = A_0 \exp(-\lambda t)$ Application numérique A = 0
I-5.	Nombre de noyaux N : Expression littérale $N = A_{\text{seuil}} * \tau'$ Application numérique N = 7,6 10¹⁴
I-6.	Masse minimale $m_{\text{césium}}$: Expression littérale $m_{\text{césium}} = N * S * M/NA$ Application numérique $m_{\text{césium}}$ = 1 730 g
I-7.	Année : 2103 ou 2104 (1986 + 117 années)
I-8.	Rayonnement γ : <i>Le rayonnement γ est l'émission d'un ou plusieurs photons (ou d'un rayonnement électromagnétique) de haute énergie lors de la désexcitation d'un nucléide.</i> Nucléide : <i>La désintégration du césium 137 se fait (majoritairement) suivant la relation :</i> $Cs \rightarrow e + Ba^*$ <i>et c'est le baryum qui émet le rayonnement γ en se désexcitant.</i>

EXERCICE II

A l'instant $t = 0$, on ferme l'interrupteur **K** durant une durée $t_0 = 2 \text{ ms}$. On charge alors 2 condensateurs idéaux (sans résistance de fuite) à l'aide d'un générateur de tension **E**. On enregistre les 4 courbes ci-dessous.



- II-1-** Relier les tensions u_{R1} , u_{C1} , u_{R2} , u_{C2} à leurs courbes respectives.
II-2- Déterminer la valeur de la tension **E**.
II-3- A $t_0 = 2 \text{ ms}$, calculer :
 l'énergie E_{C1} emmagasinée par le condensateur C_1 ,
 l'énergie E_{C2} emmagasinée par le condensateur C_2 ,
 la charge Q_1 portée par l'armature positive de C_1 ,
 la charge Q_2 portée par l'armature positive de C_2 .

A l'instant $t = t_0$, on ouvre l'interrupteur **K**. On s'intéresse au régime permanent qui s'installe ensuite.

- II-4-** Comment va évoluer la charge totale Q_T portée par les 2 condensateurs ?
II-5- On mesure l'intensité du courant $i(t)$ pour $t > t_1 = 100 \text{ ms}$; on constate qu'elle est nulle. Pourquoi ?
II-6- Pourquoi a-t-on pour $t > t_1$: $u_{C1} = u_{C2}$?
 En déduire u_{C1} pour $t > t_1$, en fonction de Q_T , C_1 et C_2 .
II-7- Calculer l'énergie totale E_{CT} emmagasinée par C_1 et C_2 pour $t = t_1$.
II-8- Comparer les résultats **II-7-** et **II-3-** et analyser la différence.

REponses A L'EXERCICE II

II-1.	<i>(entourer les réponses exactes)</i>			
u_{R1} :	courbe A	courbe B	courbe C	courbe D
u_{C1} :	courbe A	courbe B	courbe C	courbe D
u_{R2} :	courbe A	courbe B	courbe C	courbe D
u_{C2} :	courbe A	courbe B	courbe C	courbe D
II-2.	Tension E = 24 V			

II-3. Expressions littérales générales :

$$E_c = 1/2 C U_c(t_0)^2$$

$$Q = C U_c(t_0)$$

Applications numériques :

$$E_{c1} = 3,2 \text{ mJ}$$

$$E_{c2} = 2,2 \text{ mJ}$$

$$Q_1 = 0,80 \text{ mC}$$

$$Q_2 = 0,21 \text{ mC}$$

II-4. Evolution de la charge Q_T :

(entourer la réponse exacte)

$$Q_T = Q_2 - Q_1$$

$$Q_T = (Q_1 + Q_2) / 2$$

$$Q_T = 0$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

$$Q_T = Q_1 - Q_2$$

II-5. Explication $i(t) = 0$ pour $t > t_1$: *les constantes de temps $\tau_1 = R_1 C_1 = 5 \text{ ms}$ et $\tau_2 = R_2 C_2 = 1 \text{ ms}$ sont très petites devant t_1 . La charge de C_1 et la décharge de C_2 sont donc terminées.*

II-6. Explication $u_{C1}(t) = u_{C2}(t)$ pour $t > t_1$: *comme $i(t) = 0$ donc $u_{R1}(t) = u_{R2}(t) = 0$
on peut alors écrire : $u_{C1}(t) = u_{C2}(t)$*

Expression littérale :

$$u_{C1}(t_1) = Q_T / (C_1 + C_2)$$

Application numérique :

$$u_{C1}(t_1) = 9,2 \text{ V}$$

II-7. Expression littérale :

$$E_{cT} = 1/2 (C_1 + C_2) u_{C1}(t_1)^2$$

Application numérique :

$$E_{cT} = 4,6 \text{ mJ}$$

II-8. Comparaison : $E_{cT} < E_{c1} + E_{c2}$

Analyse :

perte d'énergie dans les résistances R_1 et R_2 durant la charge de C_1 et la décharge de C_2 .

EXERCICE III

Réaction chimique :

On sait par expérience que le cuivre métallique est attaqué chimiquement s'il est plongé dans une solution d'ions Fe^{3+} . L'analyse chimique au cours de la réaction met en évidence l'apparition d'ions ferreux et cuivriques (respectivement Fe^{2+} et Cu^{2+}).

III-1- Ecrire l'équation-bilan de cette réaction.

III-2- Préciser parmi les espèces chimiques présentes celles qui jouent le rôle d'oxydant / le rôle de réducteur lors de la réaction.

On connaît la valeur de la constante d'équilibre de la réaction à température ambiante : $K = 4.10^{14}$.

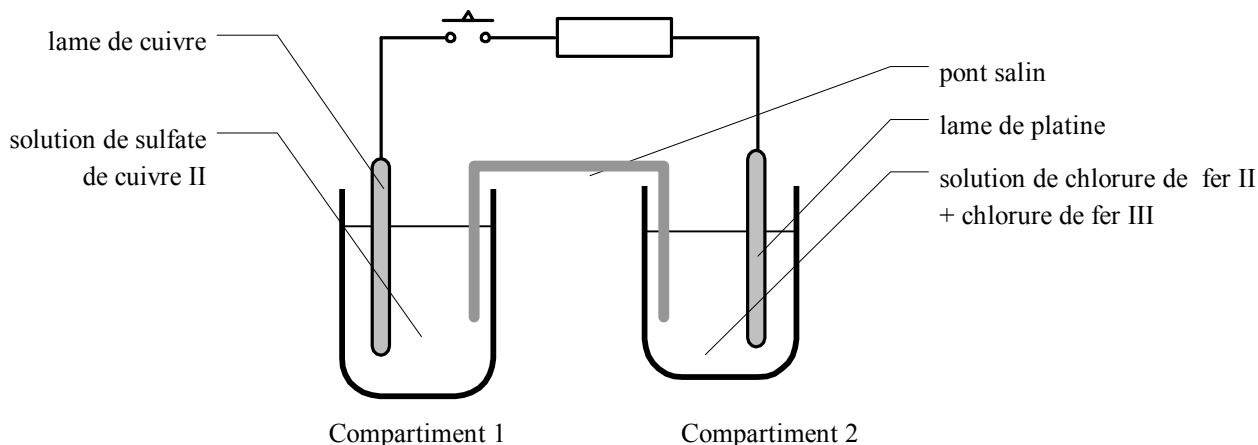
III-3- Donner l'expression littérale de K en fonction des concentrations des réactants à l'équilibre.

Réalisation d'une pile :

On réalise maintenant le dispositif expérimental suivant, dans lequel les concentrations sont :

- compartiment 1 : solution de sulfate de cuivre : $[\text{CuSO}_4] = 0,01 \text{ mol.L}^{-1}$
- compartiment 2 : solution de chlorure de fer II $[\text{FeCl}_2] = 0,01 \text{ mol.L}^{-1}$ + chlorure de fer III $[\text{FeCl}_3] = 0,01 \text{ mol.L}^{-1}$.

Le pont salin est quant à lui constitué d'une solution gélifiée de chlorure de potassium de concentration massique $[\text{KCl}] = 75 \text{ g L}^{-1}$.



III-4- Calculer la concentration molaire de la solution du pont salin.

III-5- Déterminer le quotient réactionnel Q du système au début de l'expérience (interrupteur ouvert).

Fonctionnement de la pile :

On ferme l'interrupteur.

III-6- Compléter le schéma en précisant :

- la polarité + / - des deux électrodes
- s'il existe, le sens du courant dans le conducteur ohmique
- s'il existe, le sens du courant dans le pont salin
- la nature des électrodes : anode ou cathode : compartiment 1 - compartiment 2
- les réactions électrochimiques : compartiment 1 - compartiment 2

Après 60 minutes, on peut mesurer que la masse électrode de cuivre a diminué de **88,9 mg** ;

III-7- Quelle quantité (en mol) de cuivre métal a été consommée ?

III-8- Quelle est la quantité d'électricité (en C) échangée pendant ces 60 minutes ?

III-9- Quelle a été l'intensité moyenne du courant électrique débité par la pile pendant ce temps (*I moyenne sur 60 minutes*) ?

III-10- Au bout d'un temps très long, l'intensité du courant décroît et finit par s'annuler. Donner alors la valeur du quotient réactionnel du système.

Données :

$M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{K}) = 39,1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$;

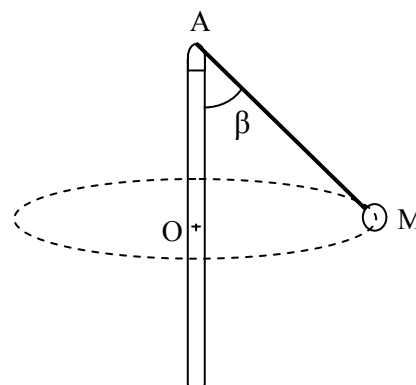
Nombre d'Avogadro $\mathcal{N}_A = 6,02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$; charge élémentaire $e = 1,60.10^{-19} \text{ C}$; faraday : $1 \mathcal{F} = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$.

EXERCICE IV

Dans une attraction de fête foraine, une nacelle de masse m est attachée à un câble, lui-même relié au sommet d'un mât. On donne à la nacelle un mouvement circulaire uniforme autour du mât, caractérisé par :

- sa vitesse v_0
- la longueur $L = AM$ du câble
- l'angle β entre le câble et la verticale

On se propose d'étudier quelques caractéristiques mécaniques de cette situation. On néglige tous les frottements.



Donnée : accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

IV-1- Exprimer le rayon OM de la trajectoire en fonction des données, et en déduire la période T du mouvement de la nacelle.

IV-2- Donner les caractéristiques de l'accélération de la nacelle M (direction, sens et module).

IV-3- Préciser quelles forces s'exercent sur la nacelle.
Représenter ces forces sur le schéma du document réponse.

IV-4- Exprimer la composante horizontale F_H de la tension du câble en fonction des données.

IV-5- Exprimer la composante verticale F_V de cette tension.

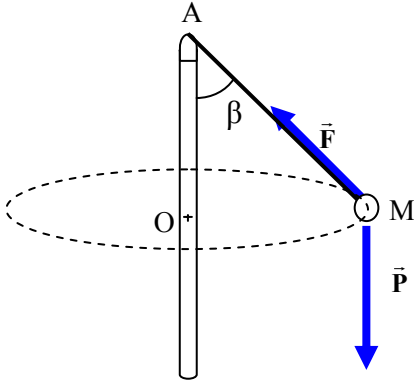
IV-6- En déduire une relation entre l'angle β , la vitesse v_0 , la longueur L et g .

La nacelle de masse $m = 80 \text{ kg}$ est fixée par un câble de longueur $L = 6 \text{ m}$.

IV-7- Calculer la vitesse v_0 permettant d'obtenir un angle β égal à 30° .
En déduire la période T du mouvement.

IV-8- Déterminer la norme F de la tension du câble.

REPONSES A L'EXERCICE IV

IV-1.	Rayon $OM = L \sin \beta$	Période $T = 2\pi L \sin \beta / v_0$
IV-2.	Accélération :	
	Direction : (OM)	Sens : de M vers O Norme : $v_0^2 / L \sin \beta$
IV-3.	Forces :	
	<p>Tension du câble sur la nacelle : \vec{F} Poids de la nacelle : \vec{P}</p> <div style="text-align: center;">  </div>	
IV-4.	Composante horizontale $F_H = F \sin \beta = mv_0^2 / L \sin \beta$	
IV-5.	Composante verticale $F_V = F \cos \beta = mg$	
IV-6-	Relation : $v_0^2 = g L \sin \beta \tan \beta$	
IV-7-	Applications numériques :	
	Vitesse $v_0 = 4,1 \text{ m.s}^{-1}$	
	Période $T = 4,6 \text{ s}$	
IV-8-	Expressions littérales :	Applications numériques :
	Norme $F = mg / \cos \beta$	$F = 906 \text{ N}$