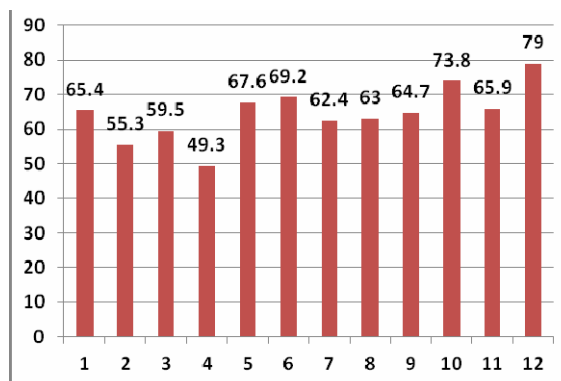


EXERCICE I

Un propriétaire décide d'équiper sa maison située à Nancy d'un système de récupération des eaux de pluie. Sa toiture a une surface utile de 120 m^2 .

Les précipitations à Nancy sont données sur le graphique ci-contre en mm par mois



I-1- Calculer le volume total de précipitation récupérable par an.

On décide de retenir pour l'étude un volume récupéré annuel de 80 m^3 .

I-2- Calculer le rendement de récupération.

La famille utilise 500 litres d'eau par jour.

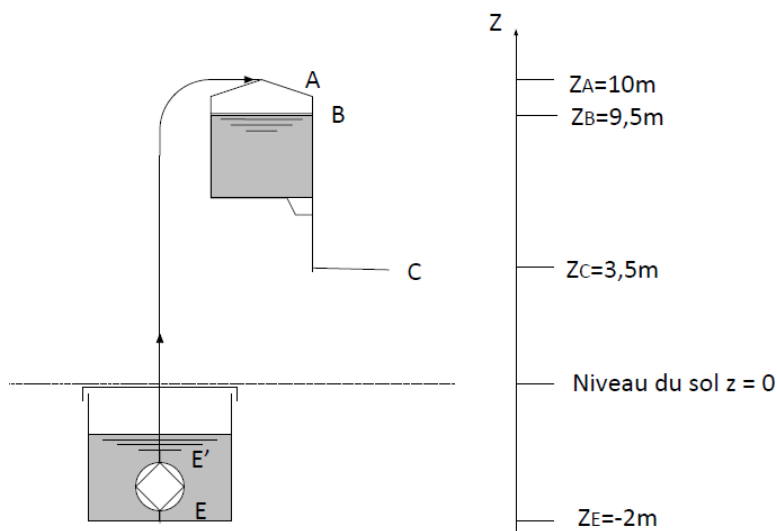
I-3- Calculer l'autonomie en eau du ménage que vous exprimerez en jour.

Le complément d'eau sera prélevé du réseau de distribution d'eau potable.

I-4- En déduire la consommation quotidienne moyenne d'eau provenant de ce réseau.

L'eau récupérée par les gouttières tombe dans une cuve située sous le niveau du sol.

L'eau est remontée grâce à une pompe immergée (en E), vers un château d'eau. Celui-ci est toujours plein et sa surface située à $9,5 \text{ m}$ (en B) est en contact avec l'atmosphère. Le robinet C se situe à $3,5 \text{ m}$ de hauteur par rapport au sol.



Données :

La pression atmosphérique $P_{\text{atm}} = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1,00 \text{ bar}$

La masse volumique de l'eau sera prise égale à 1000 kg.m^{-3}

L'intensité de pesanteur est égale à 10 m.s^{-2} .

Principe fondamental de l'hydrostatique appliqué entre M et N : $\mathbf{P_M + \rho \cdot g \cdot z_M = P_N + \rho \cdot g \cdot z_N}$

I-5- Préciser ce que signifie ρ et g dans le principe fondamental de l'hydrostatique.

Le fond de la cuve au point E est à 1,5 mètre sous la surface de l'eau dans la cuve.

I-6- Calculer la pression P_E en E

La pompe envoie l'eau jusqu'en A. La colonne d'eau E' A est estimée à environ $h = 12 \text{ m}$.

I-7- Calculer la pression nécessaire $P_{E'}$ à la sortie de la pompe en E'

I-8- En déduire la surpression minimale que doit assurer la pompe.

L'eau tombe directement du château d'eau vers le robinet. Les tuyaux d'alimentation du robinet C ont un diamètre interne de $\Phi = 13 \text{ mm}$.

Equation de Bernoulli entre M et N : $\frac{1}{2} \rho V_M^2 + P_M + \rho \cdot g \cdot z_M = \frac{1}{2} \rho V_N^2 + P_N + \rho \cdot g \cdot z_N$

I-9- En appliquant l'équation de Bernoulli entre B et C et en négligeant la vitesse d'écoulement en B, exprimer puis calculer la vitesse d'écoulement en C.

Cette vitesse en C étant trop importante, on décide de la limiter à $V = 0,12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

I-10- Donner l'expression du débit volumique maximal Q_v du robinet C. Calculer Q_v en litres par minute.

REPONSES A L'EXERCICE I

I-1- Volume : $V = 93 \text{ m}^3$	I-2- Rendement : $\rho = 86 \%$
I-3- Autonomie : $N = 160$ jours	I-4- Consommation : $Vq = 280 \text{ L}$
I-5- Signification : ρ masse volumique de l'eau g intensité de pesanteur	
I-6- Pression : $P_E = 1.15 \text{ bar}$	I-7- Pression : $P_{E'} = 2.2 \text{ bar}$
I-8- Surpression : $\Delta P = 1.05 \text{ bar}$	
I-9- Vitesse en C : Expr. litt. : $V_c = \sqrt{2g(z_B - z_C)}$ Appl. Num. : $V_c = 11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	
I-10- Débit volumique: Expr. litt. : $Q_v = \left(\frac{\pi \Phi^2}{4} \right) V$ Appl. Num. : $Q_v = 57 \text{ L / min}$	

EXERCICE II

Un capteur de force est constitué de 4 jauges de contrainte collées sur une pièce métallique appelée corps d'épreuve. On souhaite que son domaine de déformation soit linéaire.

II-1- Indiquer dans le document réponse le ou les qualificatifs correspondant au domaine de déformation linéaire.

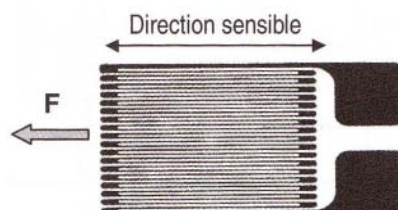
Les jauges de contrainte sont des conducteurs ohmiques dont la résistance varie avec la déformation sous l'effet d'une force F que l'on désire mesurer (cf. dessin ci-dessous).

La résistance des conducteurs R s'écrit $R = \rho \frac{L}{S}$:

ρ : résistivité du matériaux du conducteur

L : longueur du conducteur

S : section du conducteur

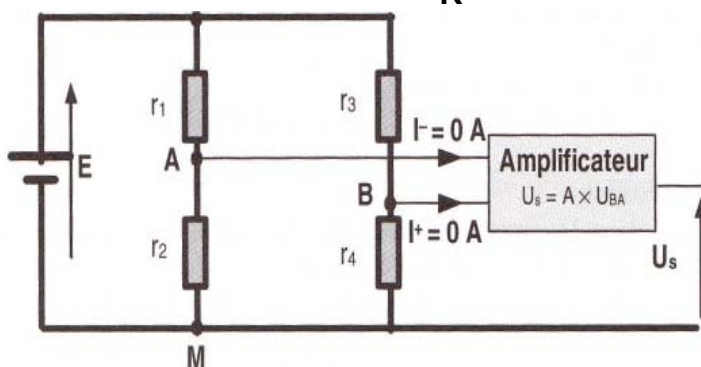


On admet constant le volume du conducteur lors de sa déformation.

II-2- Indiquer les signes des variations de longueur, de section et de résistance subies par la jauge lors d'une extension, puis d'une compression.

Pour augmenter la sensibilité du dispositif, les jauges sont montées en pont de Wheatstone (montage ci-dessous). En l'absence de force F , les 4 résistances sont identiques, de valeur nominale R_0 . En présence de forces, 2 jauges voient leur résistance augmenter: $r_1 = r_4 = R_0 + \Delta R$. Les deux autres voient leur résistance diminuer : $r_2 = r_3 = R_0 - \Delta R$.

La variation ΔR vérifie la relation $\frac{\Delta R}{R} = k \cdot F$



$$E = 10 \text{ V}$$

$$A = 100$$

$$R_0 = 350 \Omega$$

On rappelle que

$$U_{AM} = \frac{r_2}{r_1 + r_2} E$$

II-3- Exprimer U_{AM} en fonction de E , R_0 et ΔR .

II-4- Exprimer U_{BM} en fonction de E , r_3 et r_4 , puis en fonction de E , R_0 et ΔR .

II-5- Démontrer que $U_{BA} = \frac{\Delta R}{R_0} E$

L'amplificateur permet d'adapter la tension $U_s = A \cdot U_{BA}$. On obtient un appareil de mesure dont la fonction est de lier la tension de sortie U_s à la force F .

II-6- Exprimer U_s en fonction de E , R_0 , ΔR et A .

II-7- Montrer que la tension U_s est proportionnelle à la force F .

Lorsque l'on soumet le corps d'épreuve à une force $F_0 = 1000 \text{ N}$, on mesure $U_{s_0} = 440 \text{ mV}$.

II-8- Exprimer k puis calculer sa valeur numérique en n'oubliant pas son unité.

II-9- Exprimer ΔR en fonction de E , A et R_0 puis calculer ΔR .

REPONSES A L'EXERCICE II

II-1-	Le domaine est :	<i>(cocher la ou les réponses exactes)</i>																														
	<input type="checkbox"/> élastique <input type="checkbox"/> plastique <input type="checkbox"/> irréversible <input type="checkbox"/> réversible																															
II-2-	<i>(entourer les réponses exactes)</i>																															
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Variation</th> <th colspan="3">Longueur ΔL</th> <th colspan="3">Section ΔS</th> <th colspan="3">Résistance ΔR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Extension</td> <td style="text-align: center;">>0</td> <td style="text-align: center;">=0</td> <td style="text-align: center;"><0</td> <td style="text-align: center;">>0</td> <td style="text-align: center;">=0</td> <td style="text-align: center;"><0</td> <td style="text-align: center;">>0</td> <td style="text-align: center;">=0</td> <td style="text-align: center;"><0</td> </tr> <tr> <td>Compression</td> <td style="text-align: center;">>0</td> <td style="text-align: center;">=0</td> <td style="text-align: center;"><0</td> <td style="text-align: center;">>0</td> <td style="text-align: center;">=0</td> <td style="text-align: center;"><0</td> <td style="text-align: center;">>0</td> <td style="text-align: center;">=0</td> <td style="text-align: center;"><0</td> </tr> </tbody> </table>	Variation	Longueur ΔL			Section ΔS			Résistance ΔR			Extension	>0	=0	<0	>0	=0	<0	>0	=0	<0	Compression	>0	=0	<0	>0	=0	<0	>0	=0	<0	
Variation	Longueur ΔL			Section ΔS			Résistance ΔR																									
Extension	>0	=0	<0	>0	=0	<0	>0	=0	<0																							
Compression	>0	=0	<0	>0	=0	<0	>0	=0	<0																							
II-3-	Tension $U_{AM} = \frac{R_0 - \Delta R}{2 R_0} E$																															
II-4-	Tension $U_{BM} = \frac{r_4}{r_3 + r_4} E$	$U_{BM} = \frac{R_0 + \Delta R}{2 R_0} E$																														
II-5-	Tension $U_{BA} = U_{BM} - U_{AM} = \frac{R_0 + \Delta R}{2 R_0} E - \frac{R_0 - \Delta R}{2 R_0} E = \frac{\Delta R}{R_0} E$																															
II-6-	Tension $U_s = A \frac{\Delta R}{R_0} E$																															
II-7-	Justification : $U_s = (A k E) F$ donc U_s est proportionnelle à F																															
II-8-	Expr. litt. : $k = \frac{U_{s_0}}{A E F_0}$ Appl. Num. : $k = 0.44 \cdot 10^{-6} \text{ N}^{-1}$																															
II-9-	Expr. litt. : $\Delta R = \frac{R_0 U_{s_0}}{A E}$	Appl. Num. : $\Delta R = 0.154 \Omega$																														

EXERCICE III

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- Equilibrer l'équation-bilan de cette réaction.

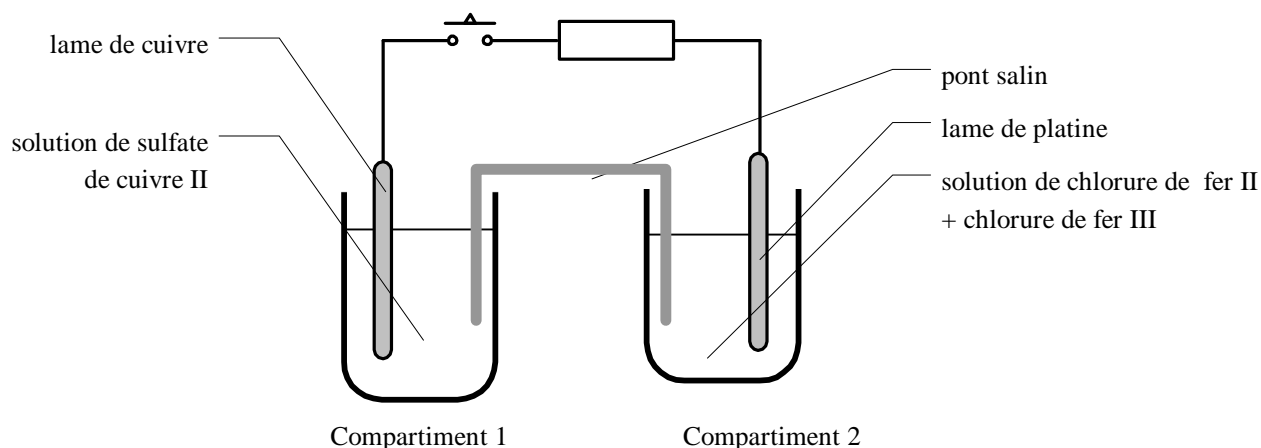
III-2- Préciser parmi les espèces chimiques présentes celle qui joue le rôle d'oxydant et celle qui joue le rôle de réducteur lors de la réaction.

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-3- Pourquoi le pont salin est composé ions ?

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

Fonctionnement de la pile :

On ferme l'interrupteur.

III-5- Compléter le schéma en précisant :

- la polarité + / - des deux électrodes
- le sens du courant dans le conducteur ohmique
- le sens du courant dans le pont salin s'il existe.
- 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-6- Quelle quantité (en mol) de cuivre métal a été consommée ?

III-7- Quelle est la quantité d'électricité (en C) échangée pendant ces 60 minutes ?

III-8- Quelle a été l'intensité moyenne du courant électrique débité par la pile pendant ce temps (I moyenne sur 60 minutes) ?

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 $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot \text{mol}^{-1}$; charge élémentaire $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; faraday :
 $1 \text{ F} = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$.

REPNSES A L'EXERCICE III

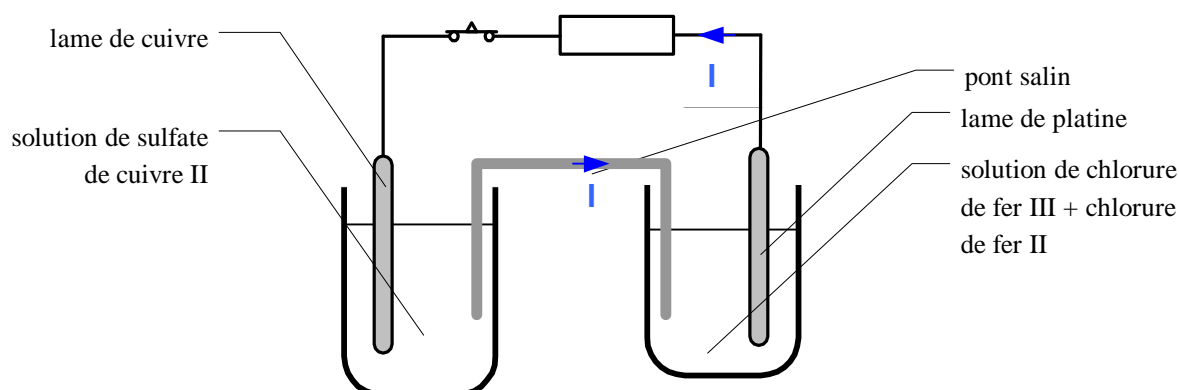
III-1- Equation : $1 \text{ Cu} + 2 \text{ Fe}^{3+} \rightarrow 1 \text{ Cu}^{2+} + 2 \text{ Fe}^{2+}$

III-2- Oxydant : Fe^{3+}
 Réducteur : Cu (métal)

III-3- Explication :

III-4- Concentration molaire $c_M = [\text{KCl}] = 1,005 \text{ mol.L}^{-1} \# 1 \text{ mol.L}^{-1}$

III-5- Compléter le schéma avec les sens des courants dans le conducteur ohmique et dans le pont salin.



Compartiment 1

Electrode : **Anode**

Polarité : -

Réaction : $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2 \text{ e}^-$

Compartiment 2

Electrode : **Cathode**

Polarité : +

Réaction : $\text{e}^- + \text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$

III-7- Quantité de cuivre : $n_{\text{Cu}} = 1,40 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.

III-8- Charge électrique : $Q = 270 \text{ C}$.

III-9- Intensité $I_{\text{moy}} = Q/t = 75 \text{ mA}$.

EXERCICE IV

La TEP Tomographie par Emission de Positons (β^+) est une technologie de médecine nucléaire qui utilise des molécules marquées avec un isotope émetteur de positons pour imager le fonctionnement ou le dysfonctionnement d'organismes vivants. On utilise principalement le fluorodesoxyglucose FDG marqué au fluor 18 pour ce type d'examen.

Production du radio-isotope émetteur de positon.

Le $^{18}_9\text{F}$ ou fluor 18 est produit dans un cyclotron en bombardant par des protons de haute énergie une cible contenant du $^{18}_8\text{O}$, un isotope de l'oxygène.

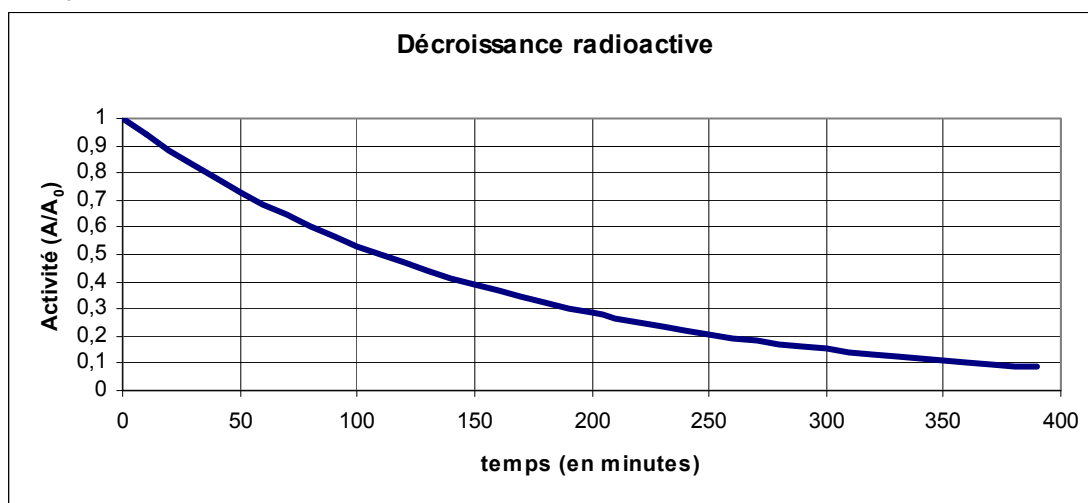
VI-1- Ecrire la réaction nucléaire correspondant à la formation de ^{18}F et nommer les produits de la réaction.

Le fluor 18 se désintègre par émission β^+ , produisant de l'oxygène dans son état fondamental.

VI-2- Donner la composition du noyau de fluor 18.

VI-3- Ecrire la réaction nucléaire de désintégration β^+ du ^{18}F et nommer les produits de cette réaction.

La courbe de décroissance de l'activité de la source radioactive tracée ci-dessous a pour équation : $A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$ avec la constante de radioactivité $\lambda = 1.05 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ et l'activité initiale A_0 .



VI-4- Déterminer la période de demi-vie $t_{1/2}$ du fluor 18.

Préparation du FDG marqué au fluor 18 et injection au patient

Un automate permet de remplacer un groupement OH du glucose par du fluor 18, la molécule marquée obtenue a des propriétés analogues au glucose normal que l'on injecte au patient. Un tissu organique anormal (par exemple une tumeur cancéreuse) consomme plus de glucose qu'un tissu sain et concentre donc la radioactivité. On injecte à un patient à 10 heures une dose de solution glucosée présentant une activité importante. On ne laisse sortir le patient que lorsque son activité n'est plus que 1% de sa valeur initiale.

VI-5- A quelle heure pourra-t'il quitter la salle d'examen (donner le résultat à l'heure près)?

Détection des positons émis

Les positons émis avec une vitesse initiale non nulle sont freinés par collisions avec les atomes et s'arrêtent après quelques *mm*. Un positon au repos s'annihile avec un électron produisant une paire de photons (${}^0_0\gamma$) de même énergie se propageant dans des directions opposées.

Le dispositif détecte les photons émis en coïncidence avec une caméra spéciale entourant la tête ou le corps du patient. Un traitement mathématique permet de remonter à la concentration en fluor 18.

VI-6- Pourquoi les capteurs ne détectent pas directement les positons ?

VI-7- Ecrire l'équation de la réaction d'annihilation du positon.

Radioprotection du personnel hospitalier

Il faut une couche de plomb d'épaisseur $x_{1/2} = 4 \text{ mm}$ pour diminuer de moitié le rayonnement γ produit. Le patient est placé dans une enceinte de plomb d'épaisseur **3,2 cm**.

VI-8- Quel est le pourcentage de rayonnement transmis à l'extérieur ?

REPONSES A L'EXERCICE IV

IV-1-	Réaction de formation du fluor 18 : ${}^{18}_8\text{O} + {}^1_1\text{p} \rightarrow {}^{18}_9\text{F} + {}^1_0\text{n}$
	Noms des 2 produits : Fluor et neutron
IV-2-	Composition noyaux fluor 18 : 9 protons et 9 neutrons
IV-3-	Réaction de désintégration du fluor 18 : ${}^{18}_9\text{F} \rightarrow {}^{18}_8\text{O} + {}^0_1\beta^+$
	Noms des produits : Oxygène et positron
IV-4-	Temps de demi-vie : $t_{1/2} = 110 \text{ min}$
IV-5-	Heure de sortie : 10 + 12 = 22 heures
IV-6-	Explication : les positons sont très majoritairement absorbés par le corps du patient.
IV-7-	Réaction d'annihilation du positon : ${}^0_1\beta^+ + {}^0_{-1}\beta^- \rightarrow 2 {}^0_0\gamma$
IV-8-	Pourcentage de rayonnement : (cocher la réponse exacte)
	<input type="checkbox"/> 25 % <input type="checkbox"/> 6,2 % <input type="checkbox"/> 1,6 % <input checked="" type="checkbox"/> 0,39% <input type="checkbox"/> 0,10 % <input type="checkbox"/> 0,024%